

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології
на тему: «Прогнозування попиту в умовах купівлі-продажу електричної енергії енергопостачальною компанією на ринку "на добу наперед" та балансуєчому ринку»

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ОНЗ-91мп

Людмирська Вікторія Валеріївна _____
(прізвище, ім'я по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.ф.м.н. доц. Стрелкова Г.Г. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н., доцент Данілін О.В. _____
(посада, прізвище, ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студентка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний
інститут імені Ігоря
Сікорського»

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
 (повна назва)

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов
 «__» _____ 20____ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту
Людмирська Вікторія Валеріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Прогнозування попиту в умовах купівлі-продажу електричної енергії енергопостачальною компанією на ринку "на добу наперед" та балансуєчному ринку»

науковий керівник дисертації к.ф.м.н, доц. Стрелкова Г.Г.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р.
№3198-с

2. Строк подання студентом дисертації 14 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження

Купівля-продаж електропостачальною компанією електричної енергії ринку "на добу наперед" та балансуєчному ринку.

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою)

Прогнозування попиту на електричну енергію електропостачальною компанією в умовах ринку "на добу наперед" та балансуєчному ринку.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

- огляд нормативної бази ринку електричної енергії України;
- методологія та методи дослідження;
- прогнозування попиту на електричну енергію електропостачальної компанії в умовах ринку «на добу наперед» та балансуючого ринку;
- оцінка впровадження інноваційного рішення стартап проекту «Forecast As A Service».

6.Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація містить 20 слайдів

7.Орієнтовний перелік публікацій

Опубліковано дві роботи у збірнику матеріалів конференції «ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА - 2020» та «ІІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАГІСТРІВ ІЕЕ - 2020», а саме:

1. Людмирська В.В. Оцінка інноваційного рішення для стартап проекту «Forecast As A Service» з прогнозування попиту на електричну енергію / МАТЕРІАЛИ ІІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАГІСТРІВ ІЕЕ 36. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2020. – 178-184 с.;

2. Динаміка цін на роздрібному ринку електричної енергії в умовах функціонування нової моделі ринку електроенергії України / Стрелкова Г.Г., Стрелков М.Т., Людмирська В.В. // МАТЕРІАЛИ ХІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. 36.

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9.Дата видачі завдання 01 вересня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Провести попередній огляд літературних джерел.	01.09.20-30.09.20	
2	За результатами попереднього огляду: - обґрунтувати актуальність досліджень, - визначити об'єкт дослідження; - визначити предмет дослідження; - встановити мету дослідження; - визначити завдання дослідження.	01.09.20-30.09.20	
3	Підготовка розділу 1 - провести аналіз літературних джерел за даною проблемою; - провести аналіз об'єкту дослідження та визначити проблемні питання, що потребують вирішення;	01.09.20-30.10.20	

	-зробити постановку наукової проблеми; - зробити висновки.		
4	Підготовка розділу 2 - описати методологію та методи дослідження, що вже використовувались для вирішення даної проблеми та опубліковані у наукових виданнях; - визначити та описати методологію, методи та методику власного дослідження; - зробити висновки.	01.09.20-31.10.20	
5	Підготувати розділ 3. - створити базу статистичних даних відповідно до предмету дослідження; - формалізувати проблему дослідження та побудувати модель прогнозування попиту; - провести обробку даних; - навести аналіз отриманих результатів; - зробити висновки.	01.09.20-31.10.20	
6.	Підготовка розділу 4 - розробка стартап проекту; - запропонувати власне рішення або оцінити перспективу щодо застосування існуючих рішень до вашої наукової проблеми тощо; - зробити висновки.	01.10.20-31.10.20	
7	Оформлення дисертації	30.10.20-10.12.20	
8	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30.10.20-10.12.20	
9	Передзахист МД	10.12.20-14.12.20	
10	Захист дисертації	17.12.20-22.12.20	

Студент

(підпис)Людмирська В.В.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)Стрелкова Г.Г.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація виконана на 107 сторінках, складається із вступу, 4 розділів, висновку, уміщує 6 рисунків, 21 таблиць, 24 формули, список використаних джерел із 32 посилань. При виконанні дисертації використовувалось програмне забезпечення MS Office та MS Excel.

Актуальність теми

Однієї з головних цілей енергетичної політики Європейського союзу (ЄС) є лібералізація європейського ринку електроенергії. До найважливіших завдань лібералізації відноситься більш ефективна організація поставок електроенергії шляхом сприяння конкуренції та формуванню відповідного регуляторного середовища в енергетичному секторі. В деяких європейських країнах, таких як Велика Британія та Норвегія, цей процес почався вже понад двадцять років тому. Більшість країн-членів ЄС мають лібералізований ринок електроенергії від п'яти до десяти років. Незважаючи на довгий шлях деякі питання лібералізації ринку електроенергії все ще залишаються відкритими в цих країнах. Зокрема, це стосується роздрібних ринків електричної енергії, функціонування яких потребує додаткових заходів щодо посилення конкуренції та усунення регульованих роздрібних цін. Крім того, існують певні бар'єри між регіонами і країнами для фізичної інтеграції існуючих регіональних ринків електроенергії. Також потребує активізації політика заохочування сторони попиту до більш активної участі на ринку за допомогою реагування попиту [13-14].

В Україні впродовж останніх років також відбулись значні зміни, спрямовані на посилення процесів з реформування та лібералізації електроенергетичного сектору. Починаючи з 2017 року відбулось прийняття низки законодавчих та нормативно-правових актів і стратегічних документів відповідно до міжнародних зобов'язань країни, встановлених підписанням Договору про заснування Енергетичного співтовариства та

Угоди про асоціацію [15-16]. До головних змін у законодавчому середовищі слід віднести Закон України «Про ринок електричної енергії», що набув чинності у червні 2017. Цим Законом визначаються правила застосування в Україні тих конкурентних принципів та механізмів, що передбачені законодавством Енергетичного Співтовариства для ринків електричної енергії в країнах ЄС. Зокрема, Законом визначаються правові, економічні та організаційні засади функціонування нової моделі ринку електричної енергії та регулюються відносини, виникаючі між економічними агентами у сфері виробництва, передачі, розподілу, купівлі і продажу електроенергії та її постачання [1]. До іншого важливого документу відноситься ухвалена в серпні 2017 року Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. В ній були визначені етапи реформування енергетичного сектору до 2020 року, які передбачали запровадження функціонування нової моделі ринку електроенергії та створення конкурентного середовища. Серед основних заходів з реалізації стратегічних цілей у сфері електрогенерації було запровадження функціонування конкурентного оптового ринку електроенергії. Також у документі зазначалась необхідність формування нових підходів до цінової і тарифної політики, сприяння малому та середньому підприємництву в енергетичній сфері, а також затвердження умов діяльності роздрібного ринку електричної енергії [17].

Об’єкт дослідження

Купівля-продаж електропостачальною компанією електричної енергії ринку "на добу наперед" та балансуєчому ринку.

Предмет дослідження

Прогнозування попиту на електричну енергію електропостачальною компанією в умовах ринку "на добу наперед" та балансуєчому ринку.

Мета дослідження є визначення статистичної оцінки точності прогнозування попиту на електричну енергію для зменшення ризику

недоотримання прибутку та підвищення конкурентоспроможності електропостачальної компанії.

Завдання дослідження:

- огляд нормативної бази ринку електричної енергії України;
- методологія та методи дослідження;
- прогнозування попиту на електричну енергію електропостачальної компанії в умовах ринку «на добу наперед» та балансуючого ринку;
- оцінка впровадження інноваційного рішення стартап проекту «Forecast As A Service».

Методи дослідження

Експерта оцінка даних та результатів, оцінка інвестицій проекту, аналіз сил Портера, історичний та системний підхід та модель прогнозування Холта-Уінтерса.

Наукова новизна одержаних результатів

Обґрунтовано доцільність застосування математичних інструментів, які покращають точність прогнозування електропостачальної компанії, для зменшення ризику недоотримання прибутку та підвищення конкурентоспроможності внаслідок зменшення ціни для кінцевого споживача при її участі на сегментах ринку електричної енергії, що тісно пов'язані та доповнюють один одного, включаючи ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобовий ринок та балансуючий ринок.

Визначено структурні та функціональні взаємозв'язки, що виникають під час проведення купівлі-продажу електропостачальною компанією електричної енергії на ринку «на добу наперед» та балансуючому ринку.

Вперше запропоновано та розроблено метод оцінки доходу та втрачених електропостачальною компанією коштів внаслідок виникнення небалансів, що дозволяє визначити наслідки неточності прогнозування

попиту на електричну енергію у грошовому еквіваленті у вигляді ціни на електричну енергію.

Визначено, що для прогнозування попиту на електричну енергію в умовах участі електропостачальної компанії на ринку «на добу наперед» та балансуєчому ринку найбільш доцільно використовувати мультиплікативну трьохпараметричну модель Холта-Уінтерса.

Проведено моделювання впливу значень констант згладжування α ; β , γ в межах від 0 до 1 на величину статистичних середніх похибок прогнозу *MAD*, *MAPE*, *MPE*, *MSE*, *RMSE* для компаній-споживачів різної функціональної спрямованості на прикладі компаній, діяльність яких в одному випадку пов'язана з виробництвом труб і трубопроводів, а в іншому - з оптовою торгівлею відходів та брухтом.

На підставі порівняльного аналізу результатів моделювання доведено, що вплив значень констант згладжування на точність прогнозу більшою мірою проявляє себе у зв'язку з напрямом функціональної діяльності компанії-споживача у порівнянні із бізнес-активністю компанії, які відбиваються у змінах даних впродовж часового ряду.

Вперше запропоновано алгоритм інтегрованого підходу щодо застосування сил Портера та PEST-аналізу для визначення стратегічної позиції компанії-електропостачальника, яка пропонує інноваційне рішення з надання послуги прогнозування попиту на електричну енергію в умовах конкурентної купівлі-продажу електричної енергії у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії України, та оцінки потенційно-можливих факторів впливу.

Практичне значення одержаних результатів

Практична значущість застосування запропонованого методу оцінки доходу та втрачених електропостачальною компанією коштів внаслідок виникнення небалансів підтверджена результатами практичної діяльності компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ» у вигляді зниження втрат на врегулювання небалансів.

Розроблено стартап проект «Forecast As A Service» з розробки компанією-електропостачальником програмного забезпечення для прогнозування попиту на електричну енергію, що дозволяє визначати конкурентно-привабливу ціну на електричну енергію для кінцевих споживачів завдяки підвищенню точності прогнозу.

Обґрунтовано доцільність впровадження стартап проекту «Forecast As A Service» із застосуванням кількісних методів оцінки інвестиційного проекту на прикладі компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ», яка є учасником ринку електричної енергії та відноситься до постачальника за вільними цінами.

Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати досліджень обговорювалися на конференціях:

- XII Міжнародна науково-технічна конференція "ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА" від 07.05.2020 р., Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського";
- III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ від 26.11.2020р., Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Публікації

Опубліковано дві роботи у збірнику матеріалів конференції «XII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА - 2020» та «III НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАГІСТРІВ ІЕЕ - 2020», а саме:

1. Людмирська В.В. Оцінка інноваційного рішення для стартап проекту «Forecast As A Service» з прогнозування попиту на електричну енергію / МАТЕРІАЛИ III НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

МАГІСТРІВ ІЕЕ Зб. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2020. – 178-184 с.;

2. Динаміка цін на роздрібному ринку електричної енергії в умовах функціонування нової моделі ринку електроенергії України / Стрелкова Г.Г., Стрелков М.Т., Людмирська В.В. // МАТЕРІАЛИ XII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. Зб. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2020. – 350 с.

Ключові слова: *роздрібний ринок електричної енергії, електропостачальник, ціна на електричну енергію, кінцеві споживачі, попит на електричну енергію, ринок «на добу наперед», балансуючий ринок, модель Холта-Уінтерса, стартап проект «Forecast as a service», електропостачальник, інноваційне рішення, стартап проект, конкурентні сили Портера, PEST-аналіз.*

SUMMURY

The master's thesis is made on 107 pages, consists of an introduction, 4 chapters, a conclusion, contains 6 figures, 21 tables, 24 formulas, a list of used sources of 32 references. The dissertation was carried out using MS Office and MS Excel software.

Relevance of the topic

One of the main goals of the European Union (EU) energy policy is the liberalization of the European electricity market. The most important objectives of liberalization include a more efficient organization of electricity supply by promoting competition and creating an appropriate regulatory environment in the energy sector. In some European countries, such as the UK and Norway, this process began more than twenty years ago. Most EU member states should liberalize the electricity market for five to ten years. Despite the long road ahead, some issues of liberalization of the electricity market still remain open in these countries. In particular, this concerns the retail electricity markets, the functioning of which requires additional measures to increase competition and eliminate regulated retail prices. In addition, there are certain barriers between regions and countries for the physical integration of existing regional electricity markets. Also requires activation of the policy of encouraging the demand side to more active participation in the market through demand response [13-14].

In recent years, Ukraine has also undergone significant changes aimed at strengthening the processes of reforming and liberalizing the electricity sector. Since 2017, a number of legislative and regulatory acts and strategic documents have been adopted in accordance with the country's international obligations established by the signing of the Agreement on the Establishment of the Energy Community and the Association Agreement [15-16]. The main changes in the legislative environment include the Law of Ukraine "On the Electricity Market", which entered into force in June 2017. This Law defines the rules for the application in Ukraine of those competitive principles and mechanisms provided

for by the legislation of the Energy Community of electricity markets in the EU countries. In particular, the Law defines the legal, economic and organizational foundations for the functioning of the new model of the electricity market and regulates the relations arising between economic agents in the field of production, transmission, distribution, purchase and sale of electricity and its supply [1]. Another important document is the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035, "Safety, Energy Efficiency, Competitiveness", adopted in August 2017. It defined the stages of reforming the energy sector until 2020, which provided for the introduction of a new model of the electricity market and the creation of a competitive environment. Among the main measures for the implementation of strategic goals in the field of electricity generation was the introduction of a competitive wholesale electricity market. Also, the document noted the need to form new approaches to pricing and tariff policy, to promote small and medium-sized businesses in the energy sector, as well as to approve the conditions for the retail electricity market [17].

Object of research

Purchase and sale of electricity by the energy supply company on the day-ahead market and the balancing market.

Subject of research

Forecasting the demand for electricity by an energy supplying company in a day-ahead market and a balancing market.

The purpose of the research is to determine the statistical assessment of the accuracy of forecasting the demand for electricity to reduce the risk of loss of profit and increase the competitiveness of the electricity supply company.

Research objectives:

- review of the regulatory framework of the Ukrainian electricity market;
- methodology and research methods;
- forecasting the demand for electric power of the energy supplying company in the conditions of the day-ahead market and the balancing market;

– assessment of the implementation of an innovative solution for the start-up project "Forecast As A Service".

Research methods

Expert evaluation of data and results, project investment evaluation, Porter's force analysis, historical and systems approach and Holt-Winters forecasting model.

Scientific novelty of the obtained results

The expediency of using mathematical tools that improve the precision of forecasting of the electricity company in order to reduce the risk of loss of profit and increase competitiveness due to lower prices for the final consumer in its participation in segments of the electricity market that are closely intertwined and complementary, including the market of bilateral agreements, day-ahead market, intraday market and balancing market, is grounded.

The structural and functional interdependences that arise during the purchase and sale of electricity by the electricity company in the market "for the day ahead" and the balancing market are identified and defined.

For the first time, a method was proposed and developed to estimate the income and funds lost by the electricity supply company due to imbalances, which allows to determine the consequences of inaccurate forecasting of electricity demand in monetary terms in the form of electricity prices.

It is determined that to predict the demand for electricity in terms of participation of the power supply company in the market "day ahead" and the balancing market is most appropriate to use a multiplicative three-parameter Holt-Winters model.

There has been conducted a simulation of an influence of the values of smoothing constants α is modeled; β , γ in the range from 0 to 1 on the value of statistical average errors of the forecast MAD , $MAPE$, MPE , MSE , $RMSE$ for consumer companies of different functional orientation on the example of companies whose activities in one case are related to the production of pipes and pipelines, and in the other - with wholesale of waste and scrap.

Based on a comparative analysis of the simulation results, it is proved that the influence of smoothing constants on the accuracy of the forecast is more pronounced in relation to the direction of functional activity of the consumer company compared to the company's business activity.

For the first time, an algorithm of an integrated approach to the use of Porter's forces and PEST-analysis to determine the strategic position of the electricity supplier, which offers an innovative solution for forecasting electricity demand in a competitive purchase and sale of electricity in a liberalized environment of the Ukrainian electricity market, and assessment of potential impact factors.

The practical significance of the obtained results

The practical significance of the application of the proposed method of estimating the income and funds lost by the power supply company due to imbalances is confirmed by the results of the practical activities of EGF TRADING LLC in the form of reducing losses to resolve imbalances.

The start-up project "Forecast As A Service" was launched to develop software for forecasting electricity demand by the electricity supplier, which allows to determine a competitive and attractive price for electricity for end users by improving the accuracy of the forecast.

The expediency of implementation of the startup project "Forecast As A Service" with the use of quantitative methods of investment project evaluation on the example of the company "EGF TRADING", which is a participant in the electricity market and belongs to the supplier at free prices, is grounded. Approbation of dissertation results

The main provisions and research results were discussed at conferences:

- XII International Scientific and Technical Conference "ENERGY. ECOLOGY. HUMAN" dated 07.05.2020, Institute of Energy Saving and Energy Management, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute";

– III Scientific and technical conference of IEE undergraduates from 11/26/2020, Institute of Energy Saving and Energy Management, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

Publications

Published two works in the collection of materials of the conference "XII SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE Institute of Energy Saving and Energy Management ENERGY. ECOLOGY. HUMAN - 2020 "and" IIR SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE of masters IEE - 2020 ", namely:

1. Liudmyrska V.V. Evaluation of an innovative solution for a startup project "Forecast As A Service" for forecasting the demand for electricity / Materials III SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE of IEE Masters Sat. scientific works of IEE, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute - Kiev: IEE, 2020. - 178-184 p.;

2. Dynamics of prices in the retail electricity market in the context of the functioning of a new model of the electricity market in Ukraine / Strelkova H.G., Strelkov M.T, Lyudmirska V.V. // MATERIALS OF XII SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE Institute of Energy Saving and Energy Management ENERGY. ECOLOGY. MAN. Sat. scientific works of IEE, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute - Kiev: IEE, 2020 .-- 350 p.

Keywords: retail electricity market, electrical supplier, electricity price, end consumers, demand for electrical energy, day-ahead market, balancing market, Holt-Winters model, Forecast as a service startup project, electrical supplier, innovative solution, startup project, Porter's competitive forces, PEST analysis.

ЗМІСТ

ВСТУП	19
1 ОГЛЯД НОРМАТИВНОЇ БАЗИ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ.....	25
1.1 Структурні перетворення ринку електричної енергії України при впровадженні нової моделі ринку	25
1.2 Огляд нормативно-правової бази щодо правил роздрібного ринку електричної енергії та участі в ньому електропостачальної компанії.....	28
Висновки до розділу	34
2 МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
2.1 Методологічне підґрунтя економічного та енергетичного прогнозування: системний та історичний підхід.....	36
2.2 Кількісні методи прогнозування	37
2.2.1 Моделі та методи прогнозування часових рядів	37
2.2.2 Методи оцінки точності прогнозу.....	43
2.2.3 Методи оцінки інвестиційного проекту для прийняття рішень.....	47
2.3 Якісні методи прийняття рішень	49
2.3.1 Аналіз сил Портера	49
2.3.2 PEST - аналіз.....	53
2.3.3 Експертні оцінки	57
Висновки до розділу	59
3 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ В УМОВАХ КОНКУРЕНТНОЇ КУПІВЛІ-ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ВРЕГУЛЮВАННЯ НЕБАЛАНСІВ НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	61
3.1 Оцінка доходу та втрачених електропостачальної компанією коштів	61
3.2 Прогнозування попиту на електричну енергію споживачів енергопостачальної компанії	67
Висновки до розділу	83
4 ІННОВАЦІЙНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ «FORECAST AS A SERVICE»	85
4.1 Аналіз позиції компанії-електропостачальника у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії України.....	85

4.2 Основні характеристики програмного забезпечення для стартап проекту «Forecast As A Service»	88
4.3 Оцінка інвестицій у інноваційне рішення по створенню програмного забезпечення для стартап проекту «Forecast As A Service».....	94
4.4 PEST-аналіз стану макросередовища компанії при впровадженні стартап-проекту «Forecast As A Service».....	97
Висновки до розділу	100
ВИСНОВКИ.....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	103

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА СКОРОЧЕНЬ,

ОСР - оператор систем розподілу електричної енергії;

ПУП - постачальник універсальної послуги;

ПОН - постачальник «останньої надії»;

ПВЦ - постачальник за вільними цінами;

РДН - ринок електричної енергії "на добу наперед";

ВДР- внутрішньодобовий ринок електричної енергії;

БР - балансуючий ринок електричної енергії;

ОСП - оператор системи передачі;

ОР - оператор ринку;

ОЕС України - об'єднана енергетична система України;

РР електричної енергії - роздрібний ринок електричної енергії;

ГП електричної енергії - гарантований покупець електричної енергії;

ДД - двосторонні договори;

РДП - ринок допоміжних послуг;

ПДП - постачальник допоміжних послуг;

NPV - чистий приведений дохід;

PI - індекс рентабельності інвестицій;

DBP - дисконтований період окупності проекту.

ВСТУП

Закон України «Про ринок електричної енергії» [1] був прийнятий у 2017 р. Законом визначаються правові, економічні та організаційні засади функціонування нової моделі ринку електричної енергії та регулюються відносини, виникаючі між економічними агентами у сфері виробництва, передачі, розподілу, купівлі і продажу електроенергії та її постачання. Докладний аналіз структурних перетворень ринку електричної енергії України при впровадженні нової моделі ринку було розглянуто у [4].

Згідно з проведеним у [4] аналізом змін регуляторного середовища, розгортання нової більш конкурентної моделі ринку електричної енергії відбулось лише у 2019 р. Це було пов'язане з питаннями регулювання і необхідністю розробки та імплементації супутньої законодавчої нормативно-правової бази, що забезпечувала запровадження структурних перетворень, необхідних для забезпечення конкурентного ринкового середовища. Тому після прийняття Закону до 2019 р. в Україні існував перехідний період від моделі єдиного покупця до моделі конкурентного оптового ринку електроенергії.

Для забезпечення незалежності операторів систем розподілу в цей час відбулось відокремлення мережевих функцій господарської діяльності електроенергетичного підприємства, що стосуються розподілу електричної енергії, від збутової функції, що включає постачання та/або виробництво електричної енергії. За підсумком, на базі колишніх обленерго була ліцензована діяльність 33 операторів систем розподілу електричної енергії (ОСР) та 25 компаній електропостачальників універсальних послуг, а також видані нові ліцензії відповідно до вимог постанови НКРЕКП про затвердження Ліцензійних умов на провадження господарської діяльності з постачання електричної енергії споживачу від 27.12.2017 № 1469 [5]. Надалі, впродовж 2019 р., згідно з положеннями законодавчих та

нормативно-правових актів України перехід до нової моделі ринку відбувався в два етапи.

Починаючи з 01.01.2019 електропостачальники та ОСР почали виконувати свою господарську діяльність за новими правилами та у відповідності до нових Ліцензійних умов. Для виконання гарантій щодо функціонування конкурентного оптового ринку електроенергії, а також купівлі електричної енергії об'єктів електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії за встановленим “зеленим” тарифом, у квітні 2019 р. Кабінетом Міністрів України була прийнята постанова про утворення державних підприємств “Гарантований покупець” та “Оператор ринку” на базі філій державного підприємства “Енергоринок” [6].

Таким чином, впродовж першого етапу, який тривав з першого січня до кінця червня 2019 року, була розпочата робота роздрібного ринку електричної енергії за новими правилами. Учасниками роздрібного ринку стали електропостачальники, оператор системи передачі, ОСР та інші учасники ринку, які надають послуги, пов'язані з постачанням електричної енергії споживачам, споживачі електричної енергії та виробники електричної енергії, які підпадають під визначення розподіленої генерації.

Другий етап впровадження нової моделі, незважаючи на деякі складнощі, почався з 1 липня 2019 року. На цьому етапі була розпочата робота ринку на добу наперед, внутрішньодобового ринку, ринку двосторонніх договорів, балансуючого ринку, а також ринку допоміжних послуг.

З появою даних ринків, електропостачальники отримали можливість самостійно обирати торговельний майданчик для закупівлі електричної енергії. Втім найнижчі ціни характерні для ринку двосторонніх договорів, а також ринку на добу наперед. Якщо постачальнику потрібно купувати додаткові обсяги електроенергії, або продавати надлишки, то це можливо на балансуючому ринку. Втім за закупок додаткових обсягів ціна на цьому ринку зазвичай найвища, а для продажу надлишок – найнижча. Тому одним

з найважливіших факторів у зменшенні цін електропостачальника для кінцевих споживачів є точність прогнозування попиту на електричну енергію.

Ринок роздрібної торгівлі електроенергією відіграє значну роль у всій електроенергетичній галузі, оскільки виконує функцію ключового зв'язку між кінцевими споживачами та системою ринку електричної енергії. Особливу значущість в цьому контексті мають питання добросовісної конкуренції серед учасників та встановлення прозорих обґрунтованих та недискримінаційних цін для кінцевих споживачів.

Об'єкт дослідження

Купівля-продаж електропостачальною компанією електричної енергії ринку "на добу наперед" та балансуєчному ринку.

Предмет дослідження

Прогнозування попиту на електричну енергію електропостачальною компанією в умовах ринку "на добу наперед" та балансуєчному ринку.

Мета дослідження є визначення статистичної оцінки точності прогнозування попиту на електричну енергію для зменшення ризику недоотримання прибутку та підвищення конкурентоспроможності електропостачальної компанії.

Завдання дослідження:

- огляд нормативної бази ринку електричної енергії України;
- методологія та методи дослідження;
- прогнозування попиту на електричну енергію електропостачальної компанії в умовах ринку «на добу наперед» та балансуєчного ринку;
- оцінка впровадження інноваційного рішення стартап проекту «Forecast As A Service».

Методи дослідження

Експерта оцінка даних та результатів, оцінка інвестицій проекту, аналіз сил Портера, історичний та системний підхід та модель прогнозування Холта-Уінтерса.

Наукова новизна одержаних результатів

Обґрунтовано доцільність застосування математичних інструментів, які покращають точність прогнозування електропостачальної компанії, для зменшення ризику недоотримання прибутку та підвищення конкурентоспроможності внаслідок зменшення ціни для кінцевого споживача при її участі на сегментах ринку електричної енергії, що тісно пов'язані та доповнюють один одного, включаючи ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобовий ринок та балансуючий ринок.

Визначено структурні та функціональні взаємозв'язки, що виникають під час проведення купівлі-продажу електропостачальною компанією електричної енергії на ринку "на добу наперед" та балансуючому ринку.

Вперше запропоновано та розроблено метод оцінки доходу та втрачених електропостачальною компанією коштів внаслідок виникнення небалансів, що дозволяє визначити наслідки неточності прогнозування попиту на електричну енергію у грошовому еквіваленті у вигляді ціни на електричну енергію.

Визначено, що для прогнозування попиту на електричну енергію в умовах участі електропостачальної компанії на ринку "на добу наперед" та балансуючому ринку найбільш доцільно використовувати мультиплікативну трьохпараметричну модель Холта-Уінтерса.

Проведено моделювання впливу значень констант згладжування α ; β , γ в межах від 0 до 1 на величину статистичних середніх похибок прогнозу MAD , $MAPE$, MPE , MSE , $RMSE$ для компаній-споживачів різної функціональної спрямованості на прикладі компаній, діяльність яких в

одному випадку пов'язана з виробництвом труб і трубопроводів, а в іншому - з оптовою торгівлею відходів та брухтом.

На підставі порівняльного аналізу результатів моделювання доведено, що вплив значень констант згладжування на точність прогнозу більшою мірою проявляє себе у зв'язку з напрямом функціональної діяльності компанії-споживача у порівнянні із бізнес-активністю компанії, які відбиваються у змінах даних впродовж часового ряду.

Вперше запропоновано алгоритм інтегрованого підходу щодо застосування сил Портера та PEST-аналізу для визначення стратегічної позиції компанії-електропостачальника, яка пропонує інноваційне рішення з надання послуги прогнозування попиту на електричну енергію в умовах конкурентної купівлі-продажу електричної енергії у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії України, та оцінки потенційно-можливих факторів впливу.

Практичне значення одержаних результатів

Практична значущість застосування запропонованого методу оцінки доходу та втрачених електропостачальною компанією коштів внаслідок виникнення небалансів підтверджена результатами практичної діяльності компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ» у вигляді зниження втрат на врегулювання небалансів.

Розроблено стартап проект «Forecast As A Service» з розробки компанією-електропостачальником програмного забезпечення для прогнозування попиту на електричну енергію, що дозволяє визначати конкурентно-привабливу ціну на електричну енергію для кінцевих споживачів завдяки підвищенню точності прогнозу.

Обґрунтовано доцільність впровадження стартап проекту «Forecast As A Service» із застосуванням кількісних методів оцінки інвестиційного проекту на прикладі компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ», яка є учасником ринку електричної енергії та відноситься до постачальника за вільними цінами.

Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати досліджень обговорювалися на конференціях:

- XII Міжнародна науково-технічна конференція "ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА" від 07.05.2020 р., Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського";
- III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ від 26.11.2020р., Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Публікації

Опубліковано дві роботи у збірнику матеріалів конференції «XII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА - 2020» та «III НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАГІСТРІВ ІЕЕ - 2020», а саме:

1. Людмирська В.В. Оцінка інноваційного рішення для стартап проекту «Forecast As A Service» з прогнозування попиту на електричну енергію / МАТЕРІАЛИ III НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАГІСТРІВ ІЕЕ 36. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2020. – 178-184 с.;
2. Динаміка цін на роздрібному ринку електричної енергії в умовах функціонування нової моделі ринку електроенергії України / Стрелкова Г.Г., Стрелков М.Т., Людмирська В.В. // МАТЕРІАЛИ XII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ІНСТИТУТУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ЕНЕРГЕТИКА. ЕКОЛОГІЯ. ЛЮДИНА. 36. наукових праць ІЕЕ, КПІ імені Ігоря Сікорського – Київ: ІЕЕ, 2020. – 350 с.

1 ОГЛЯД НОРМАТИВНОЇ БАЗИ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

1.1 Структурні перетворення ринку електричної енергії України при впровадженні нової моделі ринку

Ринок електричної енергії функціонує на основі законодавчої та нормативної бази, встановленої Верховною Радою, Президентом України та Кабінетом Міністрів. Міністерство палива та енергетики є центральним урядовим органом, уповноваженим розробляти та реалізовувати довгострокові та середньострокові програми розвитку сектору. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) є державним регулятором, який має повноваження реалізовувати державну цінову та тарифну політику в цьому секторі, захищаючи інтереси споживачів на ринку монополій природної енергетики.

До 13 квітня 2017 року правове регулювання економічних відносин на ринку електричної енергії здійснювалось відповідно до Закону України від 16 жовтня 1997 р. «Про електроенергетику» №575/97-ВР - Закон втратив чинність на підставі Закону № 2019-VIII від 13.04.2017, ВВР, 2017, № 27-28, ст.312 [2] та Закону України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України» від 24.10.2013 р. №663-VII - Закон втратив чинність на підставі Закону № 2019-VIII від 13.04.2017, ВВР, 2017, № 27-28, ст.312 [3]. 13 квітня 2017 року було прийнято новий Закон України «Про ринок електричної енергії» № 2019-VIII [1].

Закон України «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017. № 2019-VIII визначає правові, економічні та організаційні засади ринку електричної енергії, регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, розподілом, купівлею-продажем електроенергії, для забезпечення надійного та безпечного постачання електроенергії споживачам з урахуванням інтересів споживачів, розвитку ринкових відносин, зменшення витрат на

електроенергію та зменшення негативних впливів на навколишнє середовище [1].

Якщо до цього існував оптовий ринок, який купував абсолютно всі види електроенергії, виробленої виробниками. Він оцінював його значення по-різному залежно від типу генерації. Потім він продав ту саму електроенергію, вже диференційовану за ціною та видом виробництва за певною ціною. Продає постачальникам за регульованими та нерегульованими тарифами. Вони, у свою чергу, забезпечували населення тарифами, встановленими НКРЕКП для населення та промисловості [18].

Тому після прийняття закону до 2019 року в Україні відбувся перехідний період від моделі єдиного покупця до конкурентоспроможної моделі оптової торгівлі електроенергією. Для забезпечення незалежності операторів розподільчих систем функції ділової мережі електроенергетичного підприємства, пов'язані з розподілом електроенергії, повинні бути відокремлені від функції розподілу, яка включає постачання та / або виробництво електроенергії. В результаті, на основі колишніх обленерго, 33 оператори систем розподілу електроенергії (ОСР) та 25 постачальників електроенергії універсальних послуг отримали ліцензію та видали нові ліцензії відповідно до вимог постанови НКРЕКП про затвердження ліцензійних умов на постачання електроенергії споживачам. 27.12.2017 № 1469 [5]. Надалі, протягом 2019 року, відповідно до українського законодавства, перехід до нової ринкової моделі відбувався у два етапи.

З 1 січня 2019 року постачальники електроенергії та ОСР розпочали ведення бізнесу за новими умовами та за новими Ліцензійними умовами. Насправді кожна регульована компанія з передачі електроенергії (ПРТ) була розділена на дві компанії: оператор розподільчої системи та постачальник електроенергії. Очікується, що такий розподіл забезпечить більш вільний доступ до мереж, які в даний час контролюються обленерго. Наприклад, ПАТ «Київенерго» вже поділено на оператора розподільчої мережі «ДТЕК

Київські електричні мережі» та постачальника електроенергії ТОВ «Київські енергетичні послуги».

У квітні 2019 року Кабінет Міністрів України прийняв постанову про створення державних підприємств «Гарантований покупець» та «Оператор ринку» на базі філій державної компанії «Енергоринок» [6]. Таким чином, на першому етапі, який тривав з 1 січня до кінця червня 2019 року, роздрібний ринок електроенергії був запущений за новими правилами. Учасниками роздрібного ринку є постачальники електроенергії, оператори систем передачі, оператори розподільчих систем та інші учасники ринку, які надають послуги, пов'язані з постачанням електричної енергії споживачам, споживачам електроенергії та виробникам електричної енергії, на які поширюється визначення спільного виробництва. Другий етап впровадження нової моделі, незважаючи на деякі труднощі, розпочався 1 липня 2019 року. На цьому етапі було запущено ринок «на добу наперед», «внутрішньодобовий», двосторонній ринок, балансуючий ринок та ринок допоміжних послуг.

Закон доповнює перелік учасників ринку електричної енергії новим учасником - трейдером, який купує електричну енергію лише з метою її перепродажу, та окремою десятою статтею цього закону [1] пропонує регулювання торгової діяльності. Трейдери отримують права, включаючи купівлю та продаж електроенергії на ринку, експорт та імпорт, доступ до інформації про діяльність ринку електроенергії тощо.

З появою ринків «на добу наперед», «внутрішньодобового», двостороннього ринку, балансуючого ринку та ринку допоміжних послуг постачальники електричної енергії мають можливість вибрати торговельну платформу для закупівлі електричної енергії. Однак найнижчі ціни характерні як для двостороннього ринку, так і для ринку «на добу наперед». Якщо постачальник повинен придбати додаткову електроенергію або продати надлишок, це можливо на балансуючому ринку. Однак для придбання додаткових обсягів ціна на цьому ринку, як правило, найвища, а

ось для продажу надлишку - найнижча. Тому одним із найважливіших факторів зниження цін постачальників електричної енергії для кінцевих споживачів є точність прогнозування попиту на електричної енергії.

1.2 Огляд нормативно-правової бази щодо правил роздрібного ринку електричної енергії та участі в ньому електропостачальної компанії

Згідно з [1], ринок електричної енергії - це система відносин, що виникає між учасниками ринку під час купівлі-продажу електроенергії та / або допоміжних послуг, передачі та розподілу та постачання електроенергії споживачам. Учасниками ринку електричної енергії є виробники, постачальники електроенергії, торговці, оператор системи передачі (ОСП), оператор системи розподілу (ОСР), оператор ринку (ОП), гарантований покупець (ГП) та споживач, що діє на ринку електричної енергії відповідно до цього Закону.

Виробники електричної енергії є суб'єктами господарювання, які здійснюють виробництво електричної енергії, у тому числі тих, що здійснюють виробництво електричної енергії з альтернативних джерел енергії [1].

Трейдери здійснюють купівлю-продаж електричної енергії за двосторонніми договорами та на організованих сегментах ринку електричної енергії, крім її продажу за договором постачання електричної енергії споживачу. Трейдери мають право купувати та продавати електричну енергію на ринку електричної енергії, здійснювати експорт-імпорт електричної енергії за вільними цінами та вільно обирати контрагента за двостороннім договором. Також трейдери мають право на своєчасне та у повному обсязі отримання коштів за продану електричну енергію відповідно до укладених договорів та на доступ до інформації щодо діяльності на ринку електричної енергії [1].

Електропостачальник - це суб'єкт господарювання, який здійснює продаж електричної енергії за договором постачання електричної енергії споживачу. При цьому розрізняють постачальника універсальної послуги (ПУП) та постачальник "останньої надії" (ПОН) [1]:

- ПУП є електропостачальником, який виконує зобов'язання щодо надання універсальної послуги;
- ПОН є електропостачальником, який за обставин, встановлених [1], не має права відмовити споживачу в укладенні договору постачання електричної енергії на обмежений період часу.

ОСП є юридичною особою, яка відповідальна за експлуатацію, диспетчеризацію, забезпечення технічного обслуговування, розвиток системи передачі та міждержавних ліній електропередачі, а також за забезпечення довгострокової спроможності системи передачі щодо задоволення обґрунтованого попиту на передачу електричної енергії [1].

ОСР є юридичною особою, відповідальною за безпечну, надійну та ефективну експлуатацію, технічне обслуговування та розвиток системи розподілу і забезпечення довгострокової спроможності системи розподілу щодо задоволення обґрунтованого попиту на розподіл електричної енергії з урахуванням вимог щодо охорони навколишнього природного середовища та забезпечення енергоефективності [1].

ОР є юридичною особою, яка забезпечує функціонування ринку електричної енергії "на добу наперед" (РДН) та внутрішньодобового ринку електричної енергії (ВДР) та організацію купівлі-продажу електричної енергії на цих ринках [1].

ГП електричної енергії є суб'єктом господарювання, зобов'язаним купувати електричну енергію у виробників, яким встановлено "зелений" тариф, а також у виробників за аукціонною ціною та виконувати інші функції, визначені законодавством [1].

Ринок електричної енергії "на добу наперед" (РДН) - сегмент ринку електричної енергії, на якому здійснюється купівля-продаж електричної енергії на наступну за днем проведення торгів добу [1].

Внутрішньодобовий ринок електричної енергії (ВДР) - сегмент ринку електричної енергії, на якому купівля-продаж електричної енергії здійснюється безперервно після завершення торгів на ринку "на добу наперед" та впродовж доби фізичного постачання електричної енергії.

Купівля-продаж електричної енергії на РДН та ВДР регламентується постановою НКРЕКП [9].

Основний відсоток продажу-купівлі перепадає на РДН, за рахунок того, що там формується найнижча ціна. Але за відсутності достовірної інформації щодо спожитої енергії в певному періоді, у постачальника немає можливості купувати чи продавати необхідний об'єм електричної енергії, тому певна частина торгів відбувається на балансуєчому ринку електричної енергії (БР), що є невигідним для компанії постачальника та його споживачів. Зміст функціонування БР та роботи усіх складових, пов'язаних з функціонуванням БР також регулюється Законом України «Про ринок електричної енергії» [1].

БР - це ринок, організований ОСП електричної енергії з метою забезпечення достатніх обсягів електричної потужності та енергії, необхідних для балансування в реальному часі обсягів виробництва та імпорту електричної енергії і споживання та експорту електричної енергії, врегулювання системних обмежень в об'єднаній енергетичній системі України (ОЕС України), а також фінансового врегулювання небалансів електричної енергії [1].

Небаланс електричної енергії - це розрахована відповідно до правил ринку для кожного розрахункового періоду різниця між фактичними обсягами відпуску або споживання, імпорту, експорту електричної енергії сторони, відповідальної за баланс, та обсягами купленої і проданої електричної енергії, зареєстрованими відповідно до правил ринку [1].

Двосторонній договір (ДД) - це договір купівлі-продажу електричної енергії, укладений між двома учасниками ринку поза організованими сегментами ринку, крім договору постачання електричної енергії споживачу [1].

Ринок допоміжних послуг (РДП) - це система відносин, що виникають у зв'язку з придбанням ОСП допоміжних послуг у постачальників допоміжних послуг (ПДП). В Україні функціонує єдиний ринок допоміжних послуг. На ринку допоміжних послуг оператор системи передачі купує на ринкових та прозорих засадах допоміжні послуги для забезпечення надійної роботи ОЕС України та належної якості електричної енергії. Учасниками ринку допоміжних послуг є ОСП, який купує та/або використовує допоміжні послуги та постачальники допоміжних послуг, які пропонують та/або надають допоміжні послуги. На ринку допоміжних послуг можуть придбаватися/надаватися допоміжні послуги для забезпечення регулювання частоти та активної потужності в ОЕС України, підтримання параметрів надійності та якості електричної енергії в ОЕС України (послуги з регулювання напруги та реактивної потужності); послуги із забезпечення відновлення функціонування ОЕС України після системних аварій; забезпечення регулювання частоти та активної потужності, підтримання балансу потужності та енергії в ОЕС України та підтримання параметрів надійності та якості електричної енергії в ОЕС України [1].

Роздрібний ринок електричної енергії (РР) - це система відносин, що виникають між споживачем електричної енергії та електропостачальником у процесі постачання електричної енергії, а також іншими учасниками ринку, які надають пов'язані з постачанням електричної енергії послуги. РР функціонує для задоволення потреб споживачів у електричній енергії та пов'язаних з цим послуг. Учасниками РР електричної енергії є споживачі, електропостачальники, ОСП, ОСР, інші учасники ринку, які надають послуги, пов'язані з постачанням електричної енергії споживачам [1].

Споживач – це фізична особа, у тому числі фізична особа - підприємець, або юридична особа, що купує електричну енергію для власного споживання [1].

Споживачі поділяються на побутові та непобутові. У свою чергу, за межами домогосподарства розрізняють: бюджетні установи, не побутових споживачів, не побутових споживачів з контрактною потужністю до 150 кВт та споживачів з контрактною потужністю, що перевищує 150 кВт.

Поділивши споживачів за ціною, установники класифікують споживачів за групами «а» та «б». За даними НКРЕКП 28.12.2018. №2118 [8] згідно з Постановою, споживачів на вимірювальних площадках поділяють на дві групи – «а» та «б». Відповідно до додатка до Тимчасового порядку, група «а» включає зони вимірювання споживачів, прийняті для розрахунків електроенергії ЛУЗОД, АСКОЕ, АСЗД або диференціальні (погодинні, зонові) лічильники обліку енергії з гарантованими показаннями, щоб гарантувати, що Оператор АСКОЕ або призначений замовник комерційної бухгалтерської служби (далі - ППКО) для нового збору, формування та передачі сформованих даних комерційного обліку до ОСР/НЕК гармонізовані комерційні лічильники повинні бути встановлені для підключення електричних установок (крім побутових споживачів) до мереж ОСР/НЕК та / або для обліку основних споживачів, де подача електроенергії вимірюється в зоні обліку з додатковою потужністю 150 кВт і більше потужність підключених електроустановок до 150 кВт - погоджених лічильників або багаторічний (багатотарифний) комерційний облік електроенергії, що гарантує отримання даних про лічильники. Якщо ця умова не виконана або споживач не визначив Оператора АСКОЕ або ППКО, то такі площадки вимірювання мають бути віднесені до групи «б».

Точки вимірювання групи «а» у всіх точках підключення електроприладів споживачів (крім побутових споживачів) до мереж ОСР/НЕК та / або основних вимірювань споживачів, де джерело живлення вимірюється до площі вимірювання групи «а» 150 кВт або більше ми

можемо встановити лічильники, які були узгоджені для комерційного обліку електроенергії та забезпечують можливість відповідного віддаленого зчитування лічильників, а з підключеним електрообладнанням потужністю до 150 кВт - гармонізовані або довгострокові (комерційні) лічильники електроенергії з гарантованим оглядом.

Місця вимірювання групи «б», якщо ця умова не виконується або споживач не вказав АСКОВЕ або ППКОВ оператора, такі зони вимірювання повинні бути віднесені до групи «б».

Установка електроенергії споживача повинна виконуватися постачальником електроенергії відповідно до договорів про встановлення споживання електроенергії, укладених відповідно до положень РР.

ОСП та ОСР рекомендують підключити електроустановки споживача до електромережі. Передача та розподіл електричної енергії, виробленої споживачами, складають оператора системи передачі та операторів системи розподілу відповідно до контрактів, що виробляють споживачів та / або енергію відповідно до кодексу системи передачі, кодексу системи розподілу та встановлених ринкових правил.

Електроенергія з РР відіграє важливу роль у всьому електроенергетичному секторі через основний зв'язок між кінцевими споживачами та системою ринку електричної енергії. У цьому контексті особливо важливі питання добровільної конкуренції між учасниками та встановлення розумних та недискримінаційних цін для кінцевих споживачів [2].

Відносини, що виникають під час встановлення електричної енергії між постачальником та споживачем (за місцем його проживання), а також їх відносини з іншими учасниками роздрібного ринку електричної енергії регулюються постановою Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії, затвердженими НКРЕКП від 14.03.2018. № 312 [10].

Відкриті статистичні бази даних про ринок двосторонніх угод (РДД) можна отримати на веб-сайті Української енергетичної біржі (УЕБ) [10].

Дані ринку РДН та ВДР на офіційному веб-сайті оператора ринку [11] «Укренерго», результати роботи БР наведені на сайті Укренерго [12].

У зв'язку із змінами на ринку електричної енергії, а саме переходом до більш конкурентної моделі ринку електричної енергії головною метою електропостачальної компанії є дослідження цін на електричної енергії на всіх платформах для зменшення витрат.

Основною проблемою низького рівня конкурентоспроможності на ринку електроенергії на сьогодні виступає не якісне надання послуг та неконкурентна ціна.

Одним із способів для підвищення конкурентоспроможності є прогнозування обсягу попиту на електричну енергію кінцевим споживачам. Підвищення точності прогнозів дозволить у підсумку зменшувати ціну на електричну енергію.

Висновки до розділу

Відповідно до положень нормативно-правової бази України, ринок електричної енергії – це система відносин, що виникають між учасниками ринку під час здійснення купівлі-продажу електричної енергії та/або допоміжних послуг, передачі та розподілу, постачання електричної енергії споживачам. Учасниками ринку електричної енергії є виробники, електропостачальники, трейдери, оператор системи передачі (ОСП), оператор системи розподілу (ОСР), оператор ринку (ОР), гарантований покупець (ГП) та споживач, які провадять свою діяльність на ринку електричної енергії

На підставі цих положень визначаються головні види торгівельні платформ продажу-купівлі електричної енергії та їх вплив на формування кінцевої ціни для споживачів.

Усі учасники ринку співпрацюють на всіх сегментах ринку, включаючи ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобового ринку, балансуєного ринку.

Оскільки усі сегменти ринку тісно пов'язані та доповнюють один одного, наявність інструментів що покращають точність прогнозування дозволить зменшення ризику недоотримання прибутку та підвищення конкурентоспроможності електропостачальної компанії за рахунок зменшення ціни для кінцевого споживача.

2 МЕТОДОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методологічне підґрунтя економічного та енергетичного прогнозування: системний та історичний підхід

Системний підхід забезпечує всебічне вивчення будь-якого досліджуваного об'єкта як системи, тобто його складу, структури взаємозв'язків, функцій, організацій, місця походження.

У системному підході як принцип пізнавальної та практичної діяльності людини. Термін "підхід" означає сукупність прийомів, способів впливу на людину, дослідження чогось, ведення бізнесу тощо. У цьому змісті підхід - це не детальний алгоритм людських дій, а набір деяких узагальнених правил. Це лише підхід до справи, а не приклад самої справи. Тому системний підхід можна розглядати як принцип роботи. Адже принцип розуміється як найбільш загальне правило поведінки, яке забезпечує його правильність, але не гарантує однозначності та успіху. Системний підхід слід розглядати як методологічний підхід певної людини до реальності, що представляє спільність певних принципів. По суті, це системна парадигма, системний погляд на світ. Метою системного підходу є спрямування людей на систематичний погляд на реальність. Це змушує дивитись на світ з позиції системи, точніше - з позиції структури вашої системи. Системний підхід складається з того, що кожен більш-менш складний об'єкт розглядається як незалежна система зі своїми функціональними та функціональними особливостями [19-20].

Історичний підхід застосовується не для вивчення об'єктів, а для вивчення їх моделей. У цьому відношенні знання, отримані в результаті моделювання, не можуть бути абсолютно правдивими, оскільки існує ціла подібність між об'єктом дослідження та його моделлю. Також відомо, що одні й ті самі події, що відбуваються за різних історичних обставин, можуть мати серйозні наслідки. Під час моделювання враховується не тільки конкретна ситуація в країні, а й історичний досвід та менталітет населення.

Структурно моделювання складається побудові моделі на основі попереднього вивчення об'єкта, зв'язку історичних характеристик його, і експериментального теоретичного аналізу моделі. Якщо, як правило, екстраполяція лише продовжує динамічний ряд у майбутньому, то поведінка досліджуваних об'єктів у майбутньому прогнозується за допомогою моделей [19-20].

2.2 Кількісні методи прогнозування

2.2.1 Моделі та методи прогнозування часових рядів

Як було вказано у першому розділі магістерської дисертації, електропостачальні компанії мають можливість закуповувати електричну енергію на 4 різних платформах. Найвища ціна на БР, це призводить до додаткових витрат, тому постачальники намагаються мінімально закуповувати на цій платформі. Компанія виходить на БР, якщо попит був вищий за пропозицію чи навпаки, якщо пропозиція була вищою за попит.

При прогнозуванні попиту часові ряди часто є найбільш підходящим способом надання даних. За допомогою часових рядів можна створити прогноз попиту на основі попередніх моделей закупівлі клієнтів компанії. Основними характеристиками часових рядів або компонентів часових рядів в енергетичній статистиці є тенденція, сезонність, циклічність та нерегулярність. У цьому випадку часові ряди можуть містити один компонент (тренд, сезонність, циклічність чи нерегулярність) або декілька таких компонентів одночасно.

Еволюційні фактори визначають загальний напрямок розвитку економічного показника, його провідні тенденції. Сезонні та циклічні компоненти визначають регулярні коливання ряду. Випадкові фактори не охоплюються ані вимірюванням, ані економічним процесом. Їх природа має стохастичний характер.

Тому при аналізі часових рядів їх представляють у вигляді суми

систематичних складових та випадкових відхилень від них у вигляді формули (2.1):

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

де $f(t)$ - не випадкова функція часу (детермінована частина, систематична складова);

ε_t - випадкова та недетермінована частина.

Детерміновані частини рівняння (2.1) можуть включати компоненти тренду, сезонні компоненти та циклічні компоненти [22].

Компонент тренду – один із довгострокових компонентів часового ряду, який вказує на збільшення або зменшення часового ряду протягом тривалого періоду часу. Оскільки дані з часом збільшуються або зменшуються, у часових рядах спостерігається тенденція. З точки зору моделі прогнозу, тенденція є найважливішою частиною часового ряду. Основними факторами, що впливають і допомагають пояснити тенденції часових рядів, є зміна чисельності населення, ціни, вибір споживачів, технологія, продуктивність, інфляція та багато іншого. Компонент тенденції можна пояснити функцією, яка потім представляється символом T [22].

Сезонний компонент. Пору року впливає на велику кількість економічних даних. Періодичні сезонні коливання з роками з більш-менш стабільною структурою з'являються щороку і повторюються з року в рік. Сезонні коливання викликані погодними подіями або календарями, такими як опалювальний сезон. Сезонні коливання ґрунтуються на даних щоквартально, щомісячно або щотижнево. Отже, сезонні компоненти вимірюються щоквартально, щомісяця або щотижня. Що стосується місячного ряду, сезонна складова вимірює вразливість даних кожного місяця року. Щоквартальна серія має чотири сезонні елементи, по одному в кожному кварталі. Тому в деяких щомісячних даних слід очікувати наявності сезонних коливань з періодом 12, а в квартальних рядах - з

періодом 4. Сезонна складова представлена символом S [22].

Циклічний компонент - це хвилеподібні коливання, подібні до сезонних коливань, але виникають на більшій відстані. Зазвичай цикл завершується за декілько років. Часовий ряд з циклічною складовою має циклічний пік і спадне значення. Циклічні коливання пояснюються функціонуванням тривалих циклів, що мають економічний, демографічний або кліматичний характер, але зазвичай циклічні коливання призводять до змін в економічних умовах. Спад циклічного коливання співпадає із спадом економіки. З іншого боку, попит на основні споживчі товари менш залежить від змін економічних умов. Циклічна складова пояснюється функцією, представленою символом C [22].

Нерегулярна (або випадкова) складова. Нерегулярна компонент пов'язана з непередбачуваних або випадкових коливань. Наслідки випадкових подій, можуть бути не суттєвими, так можуть бути величезними. До наступних можна віднести землетруси або раптові зміни погодних умов. Але за своїм характером наслідки є абсолютно непередбачувані. Нерегулярні компоненти позначаються символом I [22].

Наступні два методи використовуються для розділення часових рядів і створення моделі: адитивна декомпозиція та мультиплікативна декомпозиція, що дозволяє створювати адитивні та мультиплікативні моделі відповідно. Адитивні та мультиплікативні моделі короткострокових прогнозів зазвичай використовують лише три компоненти T , S та I . Кожен із цих компонентів повинен бути обраний та розрахований згідно будь-якої моделі. Отримані оцінки компонентів потім використовуються для прогнозування досліджуваних часових рядів. Адитивні та мультиплікативні моделі часто використовують так звані процедури усереднення або згладжування, які зменшують вплив нерегулярної, випадкової складової часових рядів. В результаті детерміновані, систематичні компоненти часових рядів - тенденція, сезонність і циклічність [22].

Серед моделей прогнозування, що враховують нерегулярні, сезонний

компонент та компонент тренду часового ряду одну широкого застосування знайшла модель Холта-Уінтерса.

За допомогою методу Холта-Уінтерса були розроблені моделі прогнозування часових рядів із використанням методу потрійного експоненціального згладжування. Такі моделі використовуються, коли в часовому ряді є компоненти тенденцій, сезонності та можливостей.

Перевагою цієї моделі є можливість прогнозування на тривалий проміжок часу, наприклад, на рік вперед, при наявності даних мінімум за два роки та більше [22].

Прогноз за використанням на мультиплікативній моделі Холта-Уінтерса, базується на декількох періодах прогнозу p періоду часу, які мають тенденцію та сезонність. Ця модель базується на чотирьох рівняннях: експоненційно згладженого ряду L_t (базовий рівень), тренду T_t (нахил) та коефіцієнт сезонності S_t та прогноз $\hat{y}(t+p)$. У мультиплікативній формі амплітуда сезонних коливань змінюється пропорційно рівню ряду.

Розглянемо детальніше мультиплікативну трьохпараметричну лінійну модель експоненціального згладжування Холта-Уінтерса. Нехай тривалість сезонного періоду коливань буде s : для місяців року тривалість сезонного періоду коливань становитиме $s = 12$, для днів тижня - $s = 7$, для кварталів - $s = 4$. Тоді всі види $i > s$ мультиплікативна трьохпараметрична лінійна модель експоненціального згладжування буде подаватися такою системою рівнянь [22].

Рівняння прогнозу p для періодів наперед:

$$\hat{y}_{(t+p)} = (L_t + pT_t) * S_{(t-s+p)} \quad (2.2)$$

де $\hat{y}_{(t+p)}$ - прогнозування періодів p наперед;

L_t - згладження значення або результат для рівня t ;

p - кількість майбутніх періодів, на яких базується прогноз;

Tt - трендова складова для рівня t ;

$S_{(t-s+p)}$ - сезонна складова на той самий період попереднього сезону, який необхідний для сезонного коригування прогнозу;

s - тривалість періоду сезонних коливань.

Рівняння експоненціально згладженого ряду:

$$L_t = a \frac{y_t}{S_{(t-s)}} + (1 - a)(L_{(t-1)} + T_{(t-1)}) \quad (2.3)$$

Як бачимо, у мультиплікативній моделі Холт-Уінтерса сезонна складова у рівнянні є відносною величиною (коефіцієнтом), а ряд рівнянь коригується діленням на значення сезонної складової.

Щоб створити прогноз із рівнянь, потрібно вибрати значення констант згладжування α , β та γ [22].

Значення константи згладжування α визначає, наскільки швидко зменшується вага попередніх спостережень, а також їх вплив на прогноз. Отже, призначене значення є центральним для аналізу та прогнозування часових рядів. Якщо стан досліджуваного процесу стабільний і бажано лише компенсувати випадкові зміни, тоді потрібно невелике значення. Якщо швидкі зміни в структурі останніх спостережень, рекомендується більш високе значення α [22].

Усі константи запобігають випадковим коливанням значень послідовності, зважуючи дані попередніх спостережень. Завдяки їм оцінки рівнів, тенденцій та сезонності постійно коригуються у міру появи нових спостережень.

Константа згладжування рівня коливається в межах $0 < \alpha < 1$.

Константа згладжування тренду коливається в межах $0 < \beta < 1$.

Постійна згладжування сезонності коливається в межах $0 < \gamma < 1$.

Наступні рекомендації слід використовувати при виборі значень констант згладжування α , β та γ для кожного реального випадку.

По-перше, слід чітко розуміти залежність реакції моделі від змін постійних значень:

- чим вище значення ваги, тим більше згладжування даних і швидша реакція моделі на зміни в ряді, тенденції та сезонність;
- чим нижче значення ваги, тим більш нерівномірна структура згладженого ряду і слабша реакція моделі на зміни ряду, тенденції та сезонність.

По-друге, більшість програмних пакетів прогнозування використовують алгоритми для оптимізації значень констант для зменшення MSE . Вибір значень констант згладжування α , β та γ повинен забезпечити мінімальну середньоквадратичну похибку прогнозу [22].

Перш ніж застосовувати рівняння, повинні встановити початкові значення згладженого ряду L_t , складової тренда Tt та сезонної складової. Можна використовувати наступні два методи для встановлення початкових значень [22].

Перший метод пропонує встановити початкове значення згладженого ряду L_t , рівне першому спостереженню [22]:

$$L_t = y_t \quad (2.4)$$

Тоді компонент тренда дорівнює нулю: $Tt = 0$, а компонент сезонності встановлюється рівним одиниці [22]:

$$S_t = 1,0 \quad (2.5)$$

Початкове значення L_t згладженого ряду, скориговане згідно з другим методом, є середнім значенням у першому сезонному періоді для спостережень s [22]:

$$L_t = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s y_i \quad (2.6)$$

Тоді складова тренду Tt визначається нахилом лінії, утвореної цими спостереженнями, а сезонна складова - за формулою:

$$S_t = \frac{y_t}{L_t} \quad (2.7)$$

Цей метод слід застосовувати, якщо існує багато спостережень.

Вибір налаштування початкових значень залежить від прогнозованих значень похибок.

2.2.2 Методи оцінки точності прогнозу

Для підвищення точності прогнозування існують різні методи оцінки похибки прогнозу. Найбільш частіше для оцінки застосовують функції похибки прогнозу, що ґрунтуються на усередненні [22].

Похибка прогнозу e_t для даного періоду часу t це різниця між фактичним спостережуваним значенням та його прогнозним значенням:

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \quad (2.8)$$

Розглянемо найпоширеніших методів оцінки похибки прогнозу на основі усереднення [22].

Середнє абсолютне відхилення MAD (Mean absolute deviation) - це метод оцінки точності прогнозу, який оцінює значення середнього абсолютного відхилення між фактичним та прогнозованим значенням. Якщо існує набір даних, що складається з n спостережень, для яких був розрахований прогноз, тоді середнє абсолютне відхилення обчислюється з рівняння [22]:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t| \quad (2.9)$$

Метод оцінки точності прогнозу за допомогою рівняння має таку інформативність:

- неможливо визначити напрямок відхилення прогнозу (збільшення або зменшення значення прогнозу по відношенню до фактичного), оскільки середнє абсолютне відхилення MAD - це сума абсолютних значень похибок прогнозу, поділена на кількість часових періодів, використаних у прогнозі n ;

- значення MAD має ті самі одиниці виміру, що й часовий ряд, оскільки метод використовує суму абсолютних значень передбачуваних похибок.

Середня абсолютна процентна похибка $MAPE$ (Mean absolute percentage error) - це ще один метод оцінки точності прогнозу, коли корисніше обчислювати похибки прогнозу у відсотках. Підхід $MAPE$ особливо корисний, коли значення y_t великі. Значення середньої абсолютної процентної похибки $MAPE$ обчислюється за рівнянням [22]:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} * \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \quad (2.10)$$

Метод оцінки точності прогнозу за допомогою рівняння має таку інформативність:

- $MAPE$ відсутність фізичних одиниць виміру (це відсотки);
- $MAPE$ може використовуватися для порівняння точності прогнозів для однакових та різних методів прогнозування, застосованих до двох абсолютно різних часових рядів;
- $MAPE$ не можна обчислити, якщо будь-яке фактичне значення y_t дорівнює нулю.

Середня процентна похибка *MPE* (Mean Percentage Error) використовується, коли необхідно визначити, чи є метод прогнозування упередженим, або, іншими словами, значення прогнозу постійно перевищує чи менше фактичного значення [22].

$$MPE = \frac{100\%}{n} * \sum_{t=1}^n \frac{e_t}{y_t} = \frac{100\%}{n} * \sum_{t=1}^n \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \quad (2.11)$$

Метод оцінки точності прогнозу за допомогою рівняння має таку інформативність:

- якщо результат *MPE* близький до нуля, метод прогнозування є неупередженим;
- якщо результат *MPE* становить великий від'ємний відсоток, метод прогнозування постійно завищує результат;
- якщо результат *MPE* є високим позитивним відсотком, метод прогнозування зменшує результату;
- *MPE* відсутність фізичних одиниць виміру (це відсотки);
- *MPE* може використовуватися для порівняння точності того самого або різних методів у двох абсолютно різних часових рядах;
- *MPE* не можна обчислити, якщо якесь фактичне значення періоду *t* дорівнює нулю.

Середньоквадратична похибка *MSE* (Mean squared error) є найбільш типовим методом оцінки методу прогнозування. Середньоквадратична похибка обчислюється наступним чином: кожна похибка виводиться в квадрат, потім усі похибки підсумовуються і результат ділиться на кількість спостережень. Середньоквадратична похибка обчислюється за таким рівнянням [22]:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (2.12)$$

Метод оцінки точності прогнозу за допомогою рівняння має таку інформативність:

- *MSE* реєструє наявність великих похибок прогнозування, оскільки кожна похибка має квадрат;
- *MSE* використовується для порівняння надзвичайно великих методів прогнозування похибок.

Для прогнозування методів прогнозування також використовується квадратний корінь середньоквадратичної похибки *RMSE* (Root mean squared error). *RMSE* рівняння наведено нижче [22]:

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2} \quad (2.13)$$

Метод оцінки точності прогнозу за допомогою рівняння має таку інформативність:

- *RMSE*, визначає наявність великих похибок, але на відміну від *MSE* такі самі, як і прогнозний ряд, тому його значення легше інтерпретувати;
- *RMSE*, як і *MSE*, використовується для порівняння методів прогнозування наявності надзвичайно великих похибок [22].

Зазначені методи зазвичай використовуються для:

- Порівняння точності різних моделей та методів прогнозування;
- Визначення доцільності застосування певного методу або моделі прогнозування;
- Пошуку оптимального методу або моделі прогнозування.

2.2.3 Методи оцінки інвестиційного проекту для прийняття рішень

Комплексна оцінка інвестиційного проекту включає оцінку фінансової важливості та економічної ефективності проекту. Отже, особі, яка приймає рішення про доцільність інвестиції в проект, надається вся інформація, яка може вплинути на прийняття рішення [25].

До головних показників визначення доцільності впровадження проекту є:

1. Чистий приведений дохід (NPV)

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (2.14)$$

де CF_t – грошові потоки по періодах,

I_0 – початкові капіталовкладення (інвестиції).

2. Індекс рентабельності інвестицій (PI)

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{I_0} \quad (2.15)$$

3. Дисконтований період окупності проекту (DBP)

$$DBP = \frac{I_0}{\left(\frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{t} \right)} \quad (2.16)$$

За формулами (2.14-2.16) головними елементами розрахунків є дисконтний множник та грошовий потік. Дисконтний множник розраховується за формулою та визначається для кожного періоду проекту:

$$D = \frac{1}{(1+i)^t} \quad (2.17)$$

де i – ставка дисконту,

t – відповідний період проекту (1,2,3,...n).

Грошовий потік - перелік коштів, які зменшуються під час надходжень та використання коштів та їх еквівалентів, рівні доходам підприємців під час проведення господарської діяльності. Для вирішення проблеми інвестиційного аналізу грошовий потік являє собою ряд значень розділених у часі, поділених як різниця між доходом і виплатою за певний період часу.

Грошовий потік визначається за наступним алгоритмом:

1. визначення обсягу продажів та ціни на ПЗ за методом експертних оцінок;
2. визначення повної собівартості проекту на підставі відкритої типової інформації, а саме витрат на оплату праці (в тому числі ЄСВ), постійні витрати, змінні витрати та інших витрат;
3. визначення доходу D та чистого прибутку/збитку:

$$D = Q * P \quad (2.18)$$

де Q – обсяг продажів,

P – ціна за од. продукції;

4. визначення чистого прибутку/збитку:

$$\text{П/Зопер} = D - \text{Витр} \quad (2.19)$$

де П/Зопер – операційний прибуток/збиток,

D – дохід,

Витр -витрати.

$$\text{ЧП} = \text{П/Зопер} - \text{податки} \quad (2.20)$$

де ставка податку на прибуток становила 18% [25].

5. визначення грошового потоку CF_t інноваційного проекту за n років:

$$CF_t = \text{ЧП} + \text{AB} \quad (2.21)$$

де АВ – амортизаційні відрахування.

Окрім визначення доцільності вкладень інвестицій в проект, компанія повинна дослідити та оцінити головні фактори впливу на проект.

2.3 Якісні методи прийняття рішень

2.3.1 Аналіз сил Портера

Дослідження ринку - призначено для збору інформації про цільовий ринок або споживача. Це найважливіша частина бізнес-стратегії. Цей термін часто використовують як аналог дослідження ринку; Однак практики бачать різницю в тому, що маркетингові дослідження, поряд з дослідженням ринку, безпосередньо пов'язане з маркетинговими процесами [26].

Дослідження ринку є важливим фактором підтримки конкурентоспроможності з конкурентами. Дослідження ринку надає важливу інформацію для виявлення та аналізу потреб ринку, розмір ринку та конкуренції. Методи дослідження ринку включають якісні методи, такі як фокус-групи, поглиблені інтерв'ю, класифікацію і опитування споживачів та кількісні методи, аналіз первинних та вторинних даних, прогнозування та тощо [26].

Одним із методів дослідження ринку є аналіз п'яти сил Портера.

У різних питаннях зовнішнього середовища, які стосуються компаній, найважливішою є галузь (або галузі), в якій компанія конкурує. Структура галузі відіграє важливу роль у розробці правил конкуренції, а також можливих стратегій компанії. Конкурентні позиції в п'яти конкурентних сил

(модель п'яти конкурентних сил, розроблена професором Гарвардської школи бізнесу М. Портером) [25-27]:

1. Конкуренція між продавцями.
2. Компанія пропонують товари-замінники.
3. Потенційні нові конкуренти в галузі.
4. Можливість постачальників диктувати свої умови за рахунок матеріалів та сировини.
5. Можливість споживачів визначити та диктувати свої права.

П'ять сил Портера визначають найліпші відповідності зовнішнього та внутрішнього стану компанії. Незалежно від об'єднаних сил, мета полягає у пошуку та розміщенні в галузі, де компанії краще захищена або, можливо, зазнає впливу на ці сили.

Конкуренція між існуючими компаніями. Конкуренція виникає між компаніями-конкурентами, які пропонують один і той же вид товару та послуги, оскільки одна або декілька компаній можуть краще задовольнити потреби споживачів або потребуватимуть поліпшення їх роботи. Основними методами конкуренції є: низькі ціни; вдосконалення продукту; високий рівень обслуговування споживачів; довгостроковий гарантійний термін; особливий вид збуту продукції на ринку; випуск нових продуктів; використовуючи слабкі сторони конкурентів.

Незважаючи на інтенсивність конкуренції, кожна компанія повинна розробити ефективні стратегії, щоб максимально використати слабкі сторони конкурентів. При розробці стратегії компанія повинна знати та враховувати кілька факторів, які можуть суттєво вплинути на конкурентоспроможність будь-якої компанії:

- конкуренція буде зростати із збільшенням кількості компаній, які конкурують із зменшенням обсягу та виробництва.
- коли попит на товари зростає повільно, конкуренція жорстока.
- коли діловий клімат у галузі спонукає компанії знижувати ціни, конкуренція жорстока.

- якщо значення витрат споживачів від одного товару до іншого не велике, конкуренція жорстока.

- конкуренція жорстка, коли одна або кілька компаній не задоволені своєю часткою на ринку і намагаються її збільшити за допомогою конкурентів.

- зростає конкуренція для збільшення прибутку від практичних рішень.

- конкуренція є більш імовірною, коли вартість витрат виходу із галузі перевищує вартість витрат на існування в даній галузі.

- процес конкуренції не може бути запланований через терміновість, стратегію, ресурси, особисті характеристики його керівників та країни, в якій вони беруть участь.

- коли великі компанії, що працюють в інших галузях, купують компанію, яка зазнала невдачі в цьому секторі, та забезпечують стабільні та добре фінансовані заходи, щоб допомогти компанії, яку вони купують на ринку, конкуренція жорстка.

Потенційні конкуренти з інших галузей зазвичай мають значні ресурси, добре навчені виробничі навички та бажання утвердитися на цьому ринку. Наступними факторами можуть бути бар'єри для входу [25-27]:

1. Економія від масштабу. Новим підприємствам доведеться випускати велику кількість продуктів одночасно, які є дорогими і часто небезпечними. Такі заходи можуть призвести до підвищення продуктивності праці в галузі та нашкодити іншим компаніям. Останні змушені використовувати інші засоби для захисту своєї позиції, зниження цін, збільшення витрат на рекламу та реагування на нових конкурентів.

2. Відсутність доступу до технологій та знань. Кожна галузь характеризується певним асортиментом технологічної продукції, яка не завжди доступна новим компаніям через відсутність ліцензування ключових технологій, кваліфікованого персоналу та відповідного обладнання.

3. Довіра споживачів до певних торгових марок. Клієнти часто не хочуть купувати у нових (невідомих) компаній. Тому новим учасникам слід

витратити більше грошей на вдосконалення своєї продукції та подолання якісної продукції, значні знижки та дискримінацію споживачів, а також на побудову своїх клієнтів. Такі заходи дозволять зменшити прибуток та збільшити ризик для нових компаній.

4. Сума необхідних інвестицій. Щоб розпочати будь-яку справу, потрібні гроші. Щоб досягти успіху у філіальному бізнесі, вам потрібен не лише успіх, а для досягнення успіху у спільному підприємстві.

5. Нерівні витрати незалежно від розміру компанії. Нова компанія не завжди буде дешевшою, ніж давно створена. Кінцеві переваги досягаються за рахунок дешевшої сировини, економії патентів, вигоди від ефектів кривих, досвіду, зручного розташування та багато іншого.

6. Доступ до торгових каналів. Споживачі нових товарів широкого вжитку повинні створити власну роздрібну мережу, або існуючі роздрібні продавці повинні продавати нові товари або «купувати» в роздрібній мережі. У будь-якому випадку такі дії були б необхідними та спричинили б певні витрати.

На додаток до окреслених бар'єрів, нові компанії також повинні враховувати реакцію існуючих компаній на нові конкуруючі ринки. І ця реакція може мати різні наслідки - від простого запуску до максимізації захисту за рахунок зменшення цін, збільшення витрат на рекламу, збільшення продуктивності тощо.

Вплив конкуренції на кількість товарів-замінників, якщо: альтернативні ціни; споживчі витрати на виробництво нових товарів низькі; покупці вважають, що їх замінники однакові за якістю або перевершують оригінальний продукт.

Конкурентоспроможність ринку. Учасники галузі можуть бути основною конкурентною силою, оскільки вони можуть підвищити ціну на даний товар, забезпечити стандартний, пізній або неповний товар або відмовитись у наданні виробнику основного обладнання, деталей тощо.

Нарешті, постачальники продуктів можуть «серйозно» змінити втрату конкурентоспроможності компанії.

Конкурентоспроможність споживачів зростає із збільшенням спроможності змінювати ціну та якість продукції, рівень обслуговування тощо.

Запит на проведення конкурентного аналізу в контексті сильних сил М. Портера допомагають дізнатися про структуру ринку оцінити кожну силу та почати розробляти конкурентні стратегії.

Після проведенням аналізу за силами Портера компанія розробляє заходи та стратегію за для підвищення конкурентоспроможності на даному ринку.

2.3.2 PEST - аналіз

Одним із методів оцінки факторів впливу на інвестиційний проект є PEST-аналіз.

PEST - аналіз - це інструмент для оцінки корпоративної стратегії в довгостроковій перспективі. Іноді також називають STEP-аналізом, але суть залишається незмінною. Прогнозний період від 3 до 10 років. Аббревіатура PEST складається з англійських слів [28]:

- політика - корпоративне політичне середовище.
- економіка - економічне середовище підприємства.
- соціальна - Культура (суспільство - культура) - соціокультурне середовище.
- технологія - корпоративне технологічне середовище.

Чотири фактори - це не випадкові фактори у макросередовищі. Аналіз факторів фокусується на отримання результатів вищого рівня. Це дає вид, що називається «вертольотом» - вид зверху на зовнішнє середовище компанії та місце компанії на ринку.

Складаючи матрицю, центром стануть фактори навколишнього середовища, які найбільше впливають на компанію.

Розробити найбільш повну корпоративну стратегію та прогноз динаміки зовнішніх факторів.

Розглянемо найбільш фактори, які найбільш часто використовують для PEST – аналізу.

Р - Політичні фактори. Політика відіграє важливу роль у формуванні регіонального, державного та глобального бізнес-середовища. Прийнятий закон може обмежити бізнес-перспективи або, навпаки, надати нові можливості для компаній.

Тому ці фактори слід завжди контролювати:

- глобальна політична ситуація. Яка країна краща за іншу, серед якої є різниця, яка країна стане місцем ворожнечі чи політичних санкцій;
- зовнішня політика країни, в якій знаходиться юрисдикція компанії;
- вступ / вихід країни в декілька профспілок і громад (існує багато можливостей для зростання);
- внутрішня політика на державному рівні;
- податкова політика;
- рівень державного впливу в промисловості, ставлення до промисловості;
- ставлення країни до іноземного капіталу, рівень впливу на інвестиційний процес;
- державні субсидії для конкретних районів, законодавче послаблення для регіонів;
- внутрішня політика на регіональному та міському рівнях;
- різні угоди між країнами щодо розкриття інформації, уникнення подвійного оподаткування тощо.

Е - Економічні фактори. Вплив факторів цієї групи на компанії важко переоцінити, тому їх слід ретельно враховувати.

Основні з них:

- динаміка ВВП;
- рівень інфляції;
- рівні фінансування та відповідна динаміка в банківському секторі;
- конвертування курсу;
- рівень безробіття;
- динаміка доходів домогосподарств;
- ціни на матеріали та сировину постачальників;
- зростання і насичення промислового ринку;
- рівень конкуренції;
- динаміка на суміжних ринках, яка впливає на корпоративні витрати;
- рівень використання податкових схем у галузі.

S - Соціокультурні фактори. Ці фактори опосередковано впливають на успіх компанії.

До них належать:

- демографічні дані: народжуваність, смертність, віковий склад населення, динаміка міграції;
- рівень життя, очікувані зарплати;
- звичаї та цінності, норми, встановлені для споживання та міфи;
- рівень освіти, кваліфікація персоналу;
- працездатність та продуктивність населення.

Технологічні фактори аналізу. Вони мають більшу цінність, оскільки технологічна сфера швидко розвивається та рівень впливу у всіх сферах бізнесу, навіть у самих низькотехнологічних, зростає.

T - До технологічних факторів належать:

- наукові відкриття, нові технології;
- зміни в патентному законодавстві та промисловості;
- вплив Інтернету та мобільних технологій на промисловість;
- витрати конкурента на НДДКР.

Важливо, що вплив факторів на різні компанії з різних галузей не однаковий, і тому компанія повинна постійно самостійно розробляти перелік ключових факторів.

Доцільність проведення PEST – аналізу полягає в наступному [28]:

По-перше, для кращого розуміння корпоративного середовища, можливостей та загроз. Вести бізнес наосліп, виходячи з обмеженої інформації та суб'єктивних почуттів, останні в початкових проектах, у малому бізнесі, але неприйнятні для середнього та великого бізнесу та серйозних інвестиційних проектів. Розуміючи можливості та загрози зовнішнього середовища, компанія захищає себе від критичних помилок.

По-друге, визначення корпоративної стратегії. Не секрет, що компанії, які мають прогресивні стратегії, перемагають у конкурентних битвах, оскільки не приймають ізольованих та суперечливих рішень. Стратегія – це дії, які компанія здійснить у найближчі кілька років; продукція, що виробляється; регіони, які будуть збільшувати або зменшувати присутність; інвестиції, які будуть здійснені, або, навпаки, зовнішнє фінансування, яке залучать.

Щоб вибрати правильну стратегію, потрібно зрозуміти, які можливості пропонує ринок.

По-третє, аналіз факторів надає попередні дані для побудови управління ризиками на підприємствах, де точно описуються макроекономічні ризики. Як відомо, складовою управління ризиками є визначення, оцінка та розробка заходів щодо зменшення впливу. Подивимось, як працює PEST у цьому випадку.

Керівництво з аналізу PEST. Як і будь-що інше, аналіз PEST починається зі збору первинної інформації про зовнішнє середовище підприємства. Чим ширша, детальніша та об'єктивніша інформація, тим кращих результатів можна досягти за допомогою PEST.

Для збору інформації ви можете використовувати спеціалізовану літературу з геополітики, огляди макросів та ринків для них, провідні

аналітичні звіти, статистичні дані, звіти та прогнози великих аналітичних агентств. Хорошою ідеєю бути членом галузових асоціацій, спілкуватися на міжнародних виставках та конференціях, щоб дізнаватися новини з точки зору різних гравців у різних аспектах ринку: виробників, постачальників, споживачів, дилерів тощо. Не слід забувати і про інсайдерську інформацію, отриману під час переговорів, і про цілком конкретні сайти, що продають новини на ринках та в галузях [28].

2.3.3 Експертні оцінки

Гіпотетичний підхід, заснований на думках експертів у певній галузі знань, може надати адекватну картину для подальшого розвитку з урахуванням усіх змін та стрибків має назву методів експертиз або методів експертних оцінок [21].

"Експерт" на латинським означає "досвідчений". Таким чином, метод експертної оцінки полягає в обробці інформації, отриманої в результаті співбесід з експертами. Використання експертів як джерело інформації про розвиток майбутніх досліджуваних процесів базується на тому, що принаймні провідні фахівці в певній галузі мають глибокі та ефективні знання про рішення досліджуваних проблем.

Зауважимо, що широке використання методів експертної оцінки в сучасних методах прогнозування пояснюється тим, що менеджери мають справу з процесом на який впливають не тільки внутрішні фактори (які можливо запобігти) та ще зовнішні фактори, якими немає можливості управляти, лише зменшити їх вплив на процес. Це твердження пояснюється тим, що інструменти статистичного прогнозування в економічних дослідженнях виникли від методологій експериментальної фізики, включаючи експериментальну теорію.

У сучасному світі завдяки досягненням науки і техніки особлива увага приділяється якісним аспектам прогнозування та стратегічного аналізу.

Дивлячись на літературу, тенденція до зростання цих змін збільшила частку методів прогнозування експертів приблизно на 40-50% [21].

Таким чином, збільшення якісної динаміки призвело до розробки та вдосконалення прогнозних методів для фахівців, водночас зменшивши можливість використання точних розрахунків на основі формальних моделей, які представляють. Різноманітність стосунків зумовлена еволюцією явища.

Резюмуючи вищевикладене, можемо з упевненістю сказати, що в даному випадку працює спосіб прогнозування експертів:

- відсутність достатньої та достовірної інформації про пропоноване явище;
- наявністю значної невизначеності середовища, в якому об'єкт функціонує;
- за відсутності часу або надзвичайних ситуацій;
- при розробці середньо- та довгострокових прогнозів об'єктів, що зазнають значних змін, таких як наукові відкриття [21].

Досвід показав, що чим складнішою є проблема, що вивчається, тим складнішою є необхідність відхилення некваліфікованих оцінок шляхом логічного аналізу. Все це призвело до подальшого розвитку цього аналізу шляхом підвищення рівня довіри. В результаті за останнє десятиліття було розроблено безліч методів і прийомів, які сприяють поглибленому вивченню вимірюваних проблем. Підхід широкий: від вибору спеціаліста до розробки та вдосконалення методів обробки даних опитування.

Застосування експертних методів, заснованих на поглибленій науці для експертів, можливість узагальнити свій досвід у світі досліджень та розробок з конкретних питань. "Практична мудрість" є попередником у конкретних галузях науки та практики.

При організації та проведенні експертної оцінки слід дотримуватися певних принципів, зокрема:

- фахівці, які мають компетентність та кваліфікацію у відповідній галузі знань, повинні брати участь в співбесідах з експертами;
- висновки експертів повинні бути представлені у форматі, який дозволяє їх систематизувати;
- згідно з багатьма законами, достатня експертна думка повинна враховувати властивості, характерні для дослідження;
- найсистематичніші відповіді можна отримати від експертів лише за наявності конкретних завдань та конкретних питань;
- щоб надати спеціалісту нову інформацію, він повинен конструктивно її використовувати та покращити реакцію шляхом підвищення надійності та точності оцінки [21].

Кожен експерт створює інтуїтивну модель досліджуваних явищ, що дозволяє йому будувати кількісні оцінки за певних умов. Чим складніші та суперечливіші явища, тим більша відповідальність за прийняття рішень. Таким чином, потреба в іншому безпосередньому використанні полягає не тільки в якісному аналізі, але і в кількісних показниках для порівняння альтернатив, які в підсумку вибирають найкращі рішення.

Висновки до розділу

На підставі аналізу методології, методів та моделей проведення дослідження запропоновано використовувати.

Під час проведення дослідження використовувались системний та історичний підхід для збору інформації і побудови алгоритму подальшої роботи. Завдяки системного підходу вивчення досліджуваного об'єкту буде проводиться як вивчення системи, тобто його складу, структури взаємозв'язків, функцій, організацій, місця походження. Історичний підхід буде використовуватися під час побудови моделі прогнозу на основі попередніх даних споживачів та його характеристик.

Для прогнозування попиту на електричну енергію у дослідженні буде застосована мультиплікативна трьохпараметрична модель Холта-Уінтерса. Визначення доцільності впровадження інноваційного проекту буде проводитися на підставі методів оцінки інвестиційного проекту визначимо загальну суму необхідних інвестицій.

Оскільки дослідження ринку є невід’ємною частиною бізнес процесу будь-якої компанії, то одним з методів дослідження конкурентного середовища був обраний аналіз п’яти сил Портера.

Одним із методів дослідження ринку є аналіз п’яти сил Портера, який включає в собі аналіз впливу п’яти ключових сил на галузь де компанія проводить господарську діяльність, а саме такі як: товари-замінники, постачальники, споживачі, потенційні конкуренти та нові учасники ринку.

За рахунок проведення дослідження ринку, компанія має можливість обрати певні заходи, проекти та скласти стратегію щодо підвищення конкурентних переваг і конкурентоспроможності компанії в цілому. У якості методу визначення доцільності впровадження проекту було обрано PEST – аналіз.

Для проведення PEST - аналізу запропоновано використовувати метод експертної оцінки. Метод експертної оцінки полягає в обробці інформації, отриманої в результаті співбесід з експертами. Використання експертів як джерело інформації про розвиток майбутніх досліджуваних процесів базується на тому, що принаймні провідні фахівці в певній галузі мають глибокі та ефективні знання про рішення досліджуваних проблем.

3 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ В УМОВАХ КОНКУРЕНТНОЇ КУПІВЛІ-ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ВРЕГУЛЮВАННЯ НЕБАЛАНСІВ НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1 Оцінка доходу та втрачених електропостачальною компанією коштів

Електропостачальні компанії ПВЦ поставляють електричну енергію тільки непобутовим споживачам, які відносяться до групи «а» чи «б», від цього залежить формування фактичної ціни.

Методика, за якою проводилась оцінка доходу та втрачених енергопостачальною компанією коштів, ґрунтувалася на наступних положеннях. Для проведення розрахунків сплаченої компанією вартості електричної енергії за плановим споживанням (грн), застосовувалась середнє арифметичне значення по днях для почасової ціни РДН по ОЕС України, яке потім знов було усереднено, але вже по днях для розрахункового місяця. Аналогічною за математичним принципом була методика усереднення ціни електричної енергії за місяць для врегулювання небалансів.

Вартість за електричну енергію Цфакт (грн), яку б заплатив споживач за t період по усередненої вартості електричної енергії за плановим споживанням за цінами РДН при відсутності небалансів розраховувалась за стандартною методикою поставки електричної енергії по ціні без ПДВ.

Зокрема, така вартість за електричну енергію на прикладі компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ»¹ за наступною формулою:

¹ ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ» є учасником ринку електричної енергії, що підтверджується наявністю ліцензій і діючих договорів; за функцію поставки електроенергії енергопостачальна відноситься до постачальників за вільними цінами; має акредитації на Українській Енергетичній Біржі та торгово-аукціонних платформах Prozzoro, SmartTender, ZakupkiProm, для поставки електричної енергії для структур Укроборонпрому, підприємств хімічної промисловості України, торгової мережі «АТБ» та інші; співпрацює з європейськими енергетичними трейдерами в сфері експорту/імпорту електричної енергії таких як Energy Kudas, ГПО «Біленерго» і інші

$$\text{Цфакт} = \text{Ц} + \text{М} + \text{Цп} \quad (3.1)$$

де Ц - фактична середньозважена ціна електричної енергії за відповідний період яка склалась при закупівлі електроенергії для потреб підприємства на організованих сегментах ринку, а саме ринку двосторонніх договорів, ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку, ринку врегулювання небалансів, тощо, грн./МВт·год;

М - маржа постачальника, грн./МВт·год;

Цп - тариф на послуги з передачі електричної енергії, що затверджується Регулятором (НКРЕКП) для оператора системи передачі на відповідний період.

За формулою (3.2) показник Ц застосовується при відхиленні фактичного споживання від прогнозованого (запланованого) обсягу закупівлі електричної енергії для потреб підприємства. Щодо тарифу на послуги з передачі електричної енергії, то з серпня (що діяв до грудня 2020) 2020 року Регулятором затверджено 240,23 грн./МВт·год. Починаючи з грудня 2020 до січень 2021 року тариф становлено на рівні 312,76 грн./МВт·год. Починаючи з січня 2021 року згідно з постановою НКРЕКП² тариф складатиме 293,93 грн./МВт·год без ПДВ. Слід також додати, що ціна не враховує тариф ОСР за розподіл електричної енергії.

Оцінка доходу та втрачених електропосачальної компанією коштів внаслідок неточності прогнозів попиту на електричну енергію проведено на підставі фактичних даних споживання електричної енергії (МВт·год), планових (прогнозних) показників споживання електричної енергії (МВт·год), наданих споживачем групи «б» діяльність якого пов'язана з виробництвом труб та трубопроводів, якому поставляю компанія ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ». Вартість електричної енергії за плановим та фактичним споживанням оцінювались за усередненими місячними цінами,

² ПОСТАНОВА НКРЕКП від 09.12.20 №2353 «Про встановлення тарифу на послуги з передачі електричної енергії ПРАТ «НЕК «УКРЕНЕРГО» на 2021 рік»

які розраховувались наданими статистичними даними погодинної ціни РДН по ОЕС України на зазначений період, наведеної Державним підприємством «Оператор ринку» [11].

Для врегулювання небалансів використовувалась статистична інформація НЕК «Укренерго» по БР [12].

Показники оцінки доходу та втрачених електропосачальної компанією коштів внаслідок неточності прогнозів попиту на електричну енергію включали планове споживання (МВт·год) та фактичне споживання електричної енергії (МВт·год) наведені у Табл. 3.1, як прямі показники, та показники фактичної усередненої за місяць вартості що сплачено Варт спл компанією за плановим споживанням по цінами РДН (грн), а також показника розрахункової вартості Варт розрах, за фактичним споживанням по цінами РДН (грн).

Абсолютне відхилення δ споживання є розрахунковим показником як різниця планового та фактичного споживання (МВт·год), згідно з формули (3.2)

$$\delta = \Delta \text{Сп} \quad (3.2)$$

де $\Delta \text{Сп}$ - різниця планового та фактичного споживання

Таблиця 3.1 - Дані зі споживання (МВт·год) та вартості (грн) електричної енергії для споживача групи «б» за січень-вересень 2020 р.

період, t	Планове споживання, МВт·год	Фактичне споживання, МВт·год	δ , МВт·год	Варт спл, грн	Варт розрах, грн
січень	25	14,313	10,687	33 665,75	19 274,32
лютий	24	15,274	8,726	28 396,80	18 072,20
березень	23	10,978	12,022	31 189,61	14 886,94
квітень	17	8,14	8,86	20 599,24	9 863,40

Продовження таблиці 3.1

період, t	Планове споживанн, МВт·год	Фактичне споживанн, МВт·год	δ , МВт·год	Варт спл, грн	Варт розрах, грн
травень	9	4,835	4,165	10 316,43	5 542,22
червень	9	5,361	3,639	10 773,72	6 417,55
липень	9	4,725	4,275	10 598,13	5 564,02
серпень	9	5,368	3,632	11 342,25	6 765,02
вересень	10	7,81	2,19	14 410,90	11 254,91

Кожен період перед поставкою, споживач групи «б» надає заявку, щодо прогнозованих лімітів споживання енергії. Електропостачальні компанії купують на РДН необхідну кількість електричної енергії для споживача.

Небаланси електричної енергії споживача є різницею між фактичними значеннями та прогнозними обсягами електричної енергії. Ці небаланси врегулюються на БР, що призводить до втрачання коштів. Внаслідок цього кінцевий тариф на спожиту електричну енергію для споживачів становиться не конкурентним на ринку.

Розрахункова формула для визначення усередненої ціни (вартості) електричної енергії за плановим споживанням та для врегулювання небалансів (грн) має наступний загальний вид:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n). \quad (3.3)$$

де n – кількість годин на добу ($i = 24$) або кількість днів на місяць ($i = 28, i = 30, i = 31$);

x – вартість (ціна) електричної енергії, грн.

Застосування даного підходу у методиці розрахунку вартості електричної енергії за прогнозними (плановими) обсягами попиту на

електричну енергію та ціни \bar{x} для врегулювання небалансів базувалося на припущенні, що вихідна величина \bar{x} розподілена нормально.

За підсумками фактичного періоду поставки, споживач групи «б» спожив меншу кількість електричної енергії чим замовляв, а неспожиту електроенергію постачальник продав на БР за ціною нижчою від закупівельною (Табл 3.2).

Внаслідок цього у постачальника виникають додаткові збитки, які він згодом компенсує за рахунок тарифу для споживача.

Таблиця 3.2 - Дані по цінам електричної енергії на РДН та цінам продажу -купівлі небалансів на балансуєчому ринку (грн/МВт·год) для споживача групи «б» за січень-вересень, 2020 р.

Період, t	\bar{x} по РДН, (грн/МВт·год)	\bar{x} за позитивний (продажу) небаланс (грн/МВт·год)	\bar{x} за негативний (купівлі) небаланс (грн/МВт·год)
січень	1 346,63	1 003,24	1 629,42
лютий	1 183,2	881,48	1 431,67
березень	1 356,07	1 008,38	1 640,96
квітень	1 211,72	885,72	1 463,95
травень	1 146,27	865,05	1 479,16
червень	1 197,08	990,5	1 471,5
липень	1 177,57	984,98	1 458,04
серпень	1 260,25	967,97	1 608,12
вересень	1 441,09	1 100,24	1 757,55

В січні місяці електропостачальна компанія закупила 25 МВт·год за ціною РДН 1 346,63 грн/МВт·год на загальну суму 33 665,75 грн.:

$$25 * 1\,346,63 = 33\,665,75 \text{ грн.}$$

Споживач групи «б» спожив 10,687 МВт·год за ціною РДН 1 346,63 грн/МВт·год:

$$14,313 * 1\,346,63 = 19\,274,32 \text{ грн}$$

Залишок постачальник продав небаланси електричної енергії на балансуєчому ринку по ціні 1 003,24 грн/МВт·год та отримав операційний дохід чи витрати (ОД\ОВитр) від продажу на ринку небалансів:

$$10,687 * 1\,003,24 = 10\,721,63 \text{ грн}$$

Звідси, сума витрат на врегулювання небалансів (Витр ВН), які були скомпенсовані споживачем, становить:

$$33\,665,75 - 19\,274,32 - 10\,721,63 = 3\,669,81 \text{ грн}$$

За даними Табл. 3.3 можна побачити, що загальна сума врегулювання небалансів для споживача групи «б» за 9 місяців поставки 2020р. становить 17 925,28 грн, що в свою чергу більше за середню вартість спожитої енергії за місяць без урахування ПДВ та інших витрат.

Таблиця 3.3 – Дані щодо урегулювання небалансів для споживача групи «б» за 9 місяців поставки 2020р.

період, t	δ , МВт·год	\bar{x} за позитивний (продажу) небаланс (грн/МВт·год)	ОД від продажу на БР	Витр ВН
січень	10,687	1 003,24	10 721,63	3 669,81
лютий	8,726	881,48	7 691,79	2 632,81
березень	12,022	1 008,38	12 122,74	4 179,93
квітень	8,86	885,72	7 847,48	2 888,36

Продовження таблиці 3.3

період, t	δ , МВт·год	\bar{x} за позитивний (продажу) небаланс (грн/МВт·год)	ОД від продажу на БР	Витр ВН
травень	4,165	865,05	3 602,93	1 171,28
червень	3,639	990,5	3 604,43	751,74
липень	4,275	984,98	4 210,79	823,32
серпень	3,632	967,97	3 515,67	1 061,56
вересень	2,19	1 100,24	2 409,53	746,46
Загальна сума врегулювання небалансів за 9 місяців поставки 2020р.				17 925,28

Як вже було зазначено, дану суму небалансів постачальник компенсує в наступних періодах поставки. Це збільшує ціни для кінцевого споживача на 233,39 грн/МВт·год за 1 МВт·год спожитої енергії. Внаслідок цього кінцева ціна на спожиту електричну енергію становиться не конкурентним на ринку.

3.2 Прогнозування попиту на електричну енергію споживачів енергопостачальної компанії

Використавши модель експоненціального згладжування Холта-Уінтерса побудуємо дві моделі прогнозів та оцінимо їх результати за допомогою методів оцінки похибки прогнозів.

На підставі наведеного алгоритму розрахунку [22] засобами MS Excel були визначені статистичні оцінок похибки прогнозів. Результати розрахунку прогнозу №1 для констант згладжування: $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$ наведені в Табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок прогнозу №1 щомісячного попиту підприємства на електричну енергію на 2020 рік

місяць. рік	t	y _t , МВт·г	L _t	T _t	S _t	y(t+p)
січ.2019	1	11,023			1	
лют.2019	2	12,25			1	
бер.2019	3	9,87			1	
квіт.2019	4	10,471	10,471	0	1	
трав.2019	5	5,353	8,424	-0,52	0,76	10,471
чер.2019	6	5,034	6,754	-0,45	0,83	7,900
лип.2019	7	6,62	6,428	0,25	1,02	6,300
сер.2019	8	6,234	6,503	0,55	0,97	6,683
вер.2019	9	6,676	7,730	1,10	0,83	5,380
жов.2019	10	6,456	8,392	0,75	0,79	7,368
лист.2019	11	11,179	9,869	1,13	1,09	9,315
груд.2019	12	17,201	13,673	2,45	1,16	10,708
січ.2020	13	14,313	16,583	2,03	0,85	13,356
лют.2020	14	15,274	18,884	1,58	0,80	14,747
бер.2020	15	10,978	16,293	-0,89	0,82	22,364
квіт.2020	16	8,14	12,051	-1,71	0,84	17,837
трав.2020	17	4,835	8,476	-1,36	0,67	8,799
чер.2020	18	5,361	6,938	-0,44	0,78	5,710
лип.2020	19	4,725	6,205	0,03	0,78	5,335
сер.2020	20	5,368	6,281	0,43	0,85	5,261
вер.2020	21	7,81	8,698	1,63	0,82	4,486

Результати розрахунку статистичних оцінок похибки прогнозу №1 для констант згладжування: : $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$ наведені в Табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Розрахунок статистичних оцінок похибки прогнозу №1,
 $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$

місяць. рік	t	yt, МВт·г	y(t+p)	et	et	et /yt	et/yt	et^2
трав.2019	5	5,353	10,471	-5,12	5,12	0,96	-0,96	26,19
чер.2019	6	5,034	7,900	-2,87	2,87	0,57	-0,57	8,22
лип.2019	7	6,62	6,300	0,32	0,32	0,05	0,05	0,10
сер.2019	8	6,234	6,683	-0,45	0,45	0,07	-0,07	0,20
вер.2019	9	6,676	5,380	1,30	1,30	0,19	0,19	1,68
жов.2019	10	6,456	7,368	-0,91	0,91	0,14	-0,14	0,83
лист.2019	11	11,179	9,315	1,86	1,86	0,17	0,17	3,47
груд.2019	12	17,201	10,708	6,49	6,49	0,38	0,38	42,16
січ.2020	13	14,313	13,356	0,96	0,96	0,07	0,07	0,92
лют.2020	14	15,274	14,747	0,53	0,53	0,03	0,03	0,28
бер.2020	15	10,978	22,364	-11,39	11,39	1,04	-1,04	129,63
квіт.2020	16	8,14	17,837	-9,70	9,70	1,19	-1,19	94,04
трав.2020	17	4,835	8,799	-3,96	3,96	0,82	-0,82	15,71
чер.2020	18	5,361	5,710	-0,35	0,35	0,07	-0,07	0,12
лип.2020	19	4,725	5,335	-0,61	0,61	0,13	-0,13	0,37
сер.2020	20	5,368	5,261	0,11	0,11	0,02	0,02	0,01
вер.2020	21	7,81	4,486	3,32	3,32	0,43	0,43	11,05
Значення статистичної оцінки похибки					2,96	37%	-21%	19,71
Назва методу оцінки					MAD	MAPE	MPE	MSE
								4,44
								RMSE

Наближеність прогнозу №1 до фактичного споживання можливо побачити на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Порівняння історичного прогнозу до фактичного споживання №1 $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$

Результати розрахунку прогнозу №2 для констант згладжування: $\alpha=0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$ наведені в Табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Розрахунок прогнозу №2 щомісячного попиту підприємства на електричну енергію на 2020 рік

місяць. рік	t	yt, МВт·Г	Lt	Tt	St	y(t+p)
січ.2019	1	11,023			1	
лют.2019	2	12,25			1	
бер.2019	3	9,87			1	
квіт.2019	4	10,471	10,471	0	1	
трав.2019	5	5,353	5,609	-1,64	0,96	10,471
чер.2019	6	5,034	4,981	0,24	1,01	3,971
лип.2019	7	6,62	6,550	1,26	1,01	5,224
сер.2019	8	6,234	6,313	0,45	0,99	7,812

Продовження таблиці 3.6

місяць. рік	t	yt, МВТ·Г	Lt	Tt	St	y(t+p)
вер.2019	9	6,676	6,968	0,84	0,96	6,469
жов.2019	10	6,456	6,462	0,30	1,00	7,885
лист.2019	11	11,179	10,852	2,53	1,03	6,830
груд.2019	12	17,201	17,206	3,43	1,00	13,218
січ.2020	13	14,313	15,224	-0,34	0,94	19,767
лют.2020	14	15,274	15,260	0,53	1,00	14,876
бер.2020	15	10,978	10,923	-1,40	1,01	16,254
квіт.2020	16	8,14	8,216	-0,66	0,99	9,514
трав.2020	17	4,835	5,259	-0,79	0,92	7,106
чер.2020	18	5,361	5,312	0,53	1,01	4,477
лип.2020	19	4,725	4,753	0,30	0,99	5,879
сер.2020	20	5,368	5,398	0,84	0,99	5,012
вер.2020	21	7,81	8,372	1,89	0,93	5,740

Результати розрахунку статистичних оцінок похибки прогнозу №2 для констант згладжування: $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$ наведені в Табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок статистичних оцінок похибки прогнозу №2, $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$

місяць. рік	t	yt, МВТ·Г	y(t+p)	et	et	et /yt	et/yt	et^2
трав.2019	5	5,353	10,471	-5,12	5,12	0,96	-0,96	26,19
чер.2019	6	5,034	3,971	1,06	1,06	0,21	0,21	1,13
лип.2019	7	6,62	5,224	1,40	1,40	0,21	0,21	1,95
сер.2019	8	6,234	7,812	-1,58	1,58	0,25	-0,25	2,49
вер.2019	9	6,676	6,469	0,21	0,21	0,03	0,03	0,04

Продовження таблиці 3.7

місяць. рік	t	yt, МВт·г	y(t+p)	et	et	et /yt	et/yt	et^2
жов.2019	10	6,456	7,885	-1,43	1,43	0,22	-0,22	2,04
лист.2019	11	11,179	6,830	4,35	4,35	0,39	0,39	18,92
груд.2019	12	17,201	13,218	3,98	3,98	0,23	0,23	15,86
січ.2020	13	14,313	19,767	-5,45	5,45	0,38	-0,38	29,74
лют.2020	14	15,274	14,876	0,40	0,40	0,03	0,03	0,16
бер.2020	15	10,978	16,254	-5,28	5,28	0,48	-0,48	27,83
квіт.2020	16	8,14	9,514	-1,37	1,37	0,17	-0,17	1,89
трав.2020	17	4,835	7,106	-2,27	2,27	0,47	-0,47	5,16
чер.2020	18	5,361	4,477	0,88	0,88	0,16	0,16	0,78
лип.2020	19	4,725	5,879	-1,15	1,15	0,24	-0,24	1,33
сер.2020	20	5,368	5,012	0,36	0,36	0,07	0,07	0,13
вер.2020	21	7,81	5,740	2,07	2,07	0,27	0,27	4,29
Значення статистичної оцінки похибки					2,26	28%	-9%	8,23
Назва методу оцінки					MAD	MAPE	MPE	MSE
								2,87
								RMSE

Наближеність прогнозу №2 до фактичного споживання можливо побачити на рис. 3.5.

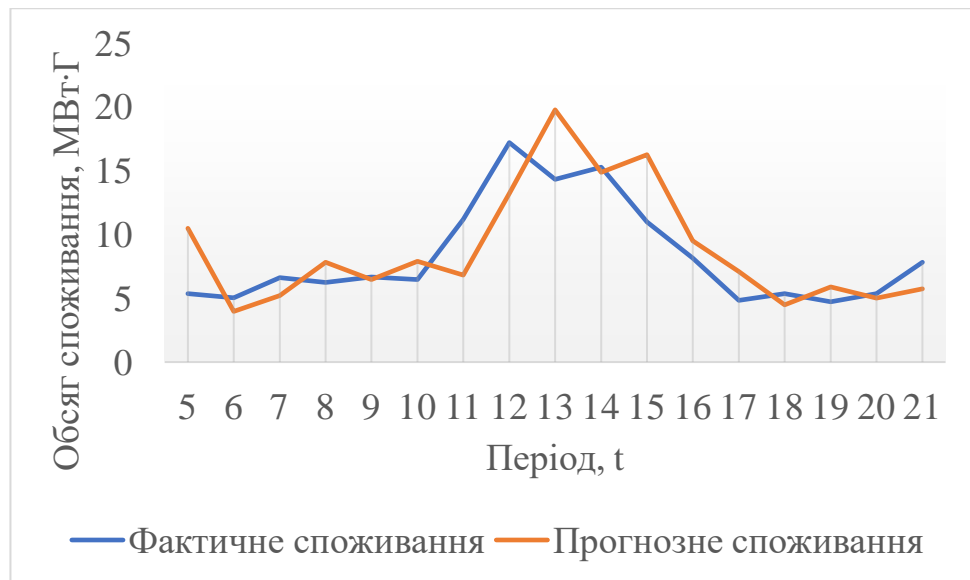


Рисунок 3.2 - Порівняння історичного прогнозу до фактичного споживання №2 $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$

На підставі даних Табл. 3.5 та 3.7 було проведено аналіз точності побудованих прогнозів та визначення моделі, яка надає найкращу точність. Для проведення порівняльного аналізу значення статистичних оцінок похибки прогнозів №1-2 були зведені в Табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Значення статистичних оцінок похибки прогнозів №1-2

Показник	<i>MAD</i>	<i>MAPE</i>	<i>MPE</i>	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>
Прогноз №1 $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$	2,96	37%	-21%	19,71	4,44
Прогноз №2 $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$	2,26	28%	-9%	8,23	2,87

Під час дослідження констант згладжування, було виявлено швидку зміну структури споживання, також спостерігається сезонність споживання (в літній період фактичне споживання найменше), що свідчить про високе

значення константи $\alpha = 0,95$, що наближається до 1, під час побудови моделі прогнозування. Із-за наявності сезонності константа згладжування набуває $\gamma = 0,95$ високого значення та наближається до 1.

За результатами розрахунків статистичних оцінок похибок прогнозів робимо висновок що більш точним є прогноз №2, на що вказує показник *MAPE*, який становить 28% та на 9% є більш точнішим за прогноз №1. Бачимо що побудований прогноз надає високу точність, але може бути доскональним за рахунок підбору інших констант згладжування. Окрім цього, від'ємне значення *MPE* прогнозу №2 становить -9% та свідчить про постійне завищення результатів прогнозу, але він є найбільш наближеним до неупередженого прогнозу.

Показники *MSE* та *RMSE* вказують що прогноз №2 є точніше за рахунок низького значення ($MSE = 8,23$ та $RMSE = 2,87$), що свідчить про наявність невеликого відхилення прогнозу від фактичного споживання. Але його можливо покращити за допомогою підбору більш точніших констант згладжування.

Розглянемо економію для споживача групи «б» від використання моделі прогнозу Холта-Уінтерса. Для цього побудуємо табл. 3.9 Дані щодо урегулювання небалансів для споживача групи «б» за 9 місяців поставки 2020р. із використанням моделі прогнозу Холта-Уінтерса.

Таблиця 3.9 - Дані щодо урегулювання небалансів для споживача групи «б» за 9 місяців поставки 2020р. із використанням моделі прогнозу Холта-Уінтерса.

період, t	δ , МВт·год	\bar{x} за позитивний\ негативним небаланс (продажу\купівлі) (грн/МВт·год)	ОП\ОВитр від продажу\ купівлі на БР, грн	Витр ВН, грн
січень	5,454	1 003,24	5 471,29	1 872,72
лютий	-0,398	1 431,67	569,63	98,86

Продовження таблиці 3.9

період, t	δ , МВт·год	\bar{x} за позитивний\ негативним небаланс (продажу\купівлі) (грн/МВт·год)	ОП\ОВитр від продажу\ купівлі на БР, грн	Витр ВН, грн
березень	5,276	1 008,38	5 320,03	1 834,35
квітень	1,374	885,72	1 217,01	447,93
травень	2,271	865,05	1 964,46	638,63
червень	-0,884	1 471,50	1 301,21	242,66
липень	1,154	984,98	1 136,57	222,23
серпень	-0,356	1 608,12	572,78	123,90
вересень	-2,070	1 757,55	3 638,89	655,21
Загальна сума врегулювання небалансів за 9 місяців поставки 2020р				6 136,50

За результатами Табл.3.9 можна побачити, що з використанням моделі прогнозування попиту на електричну енергію за Холтом-Уінтерса електропостачальник зменшив загальну суму врегулювання небалансів майже на 10000 грн, що в свою чергу призвело до зменшення ціни для кінцевого споживача. При використанні прогнозування збільшення ціни буде на 80 грн/МВт·год за 1 МВт*год спожитої енергії.

На підставі використаних констант згладжування для прогнозу №1 та №2 побудуємо прогноз №3 і №4 для іншого споживача групи «а», функціональна діяльність компанії займається оптовою торгівлею відходів та брухтом.

Таблиця 3.10 – Розрахунок прогнозу №3 щомісячного попиту підприємства групи «а» на електричну енергію на 2020 рік

місяць. рік	t	y _t , МВт*Г	L _t	T _t	S _t	y(t+p)
січ.2019	1	18,021			1	
лют.2019	2	21,41			1	
бер.2019	3	27,4			1	
квіт.2019	4	35,901	35,901	0	1	
трав.2019	5	36,443	36,118	0,61	1,01	35,901
чер.2019	6	12,097	26,875	-4,12	0,64	36,726
лип.2019	7	27,87	24,801	-0,72	1,08	22,756
сер.2019	8	5,455	16,634	-3,54	0,56	24,086
вер.2019	9	24,533	17,610	0,77	1,26	13,167
жов.2019	10	11,643	18,276	0,96	0,64	11,811
лист.2019	11	18,765	18,490	0,43	1,04	20,784
груд.2019	12	21,703	26,765	4,66	0,72	10,653
січ.2020	13	27,302	27,537	0,75	1,08	39,514
лют.2020	14	18,300	28,426	0,99	0,64	18,074
бер.2020	15	38,710	32,568	2,39	1,14	30,526
квіт.2020	16	35,400	40,529	4,55	0,82	25,317
трав.2020	17	32,152	38,904	-0,40	0,92	48,891
чер.2020	18	35,473	45,199	3,61	0,73	24,722
лип.2020	19	43,050	44,444	-0,01	1,03	55,435
сер.2020	20	37,920	45,130	0,86	0,83	36,489
вер.2020	21	37,411	43,915	-0,19	0,87	42,161

Результати розрахунку статистичних оцінок похибки прогнозу №3 для констант згладжування: : $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$ наведені в Табл.3.11.

Таблиця 3.11 – Розрахунок статистичних оцінок похибки прогнозу №3

для констант згладжування: $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$

місяць. рік	t	yt, МВт*г	y(t+p)	et	et	et \yt	et\yt	et^2
трав.2019	5	36,443	35,901	0,54	0,54	0,01	0,01	0,29
чер.2019	6	12,097	36,726	-24,63	24,63	2,04	-2,04	606,60
лип.2019	7	27,87	22,756	5,11	5,11	0,18	0,18	26,15
сер.2019	8	5,455	24,086	-18,63	18,63	3,42	-3,42	347,12
вер.2019	9	24,533	13,167	11,37	11,37	0,46	0,46	129,19
жов.2019	10	11,643	11,811	-0,17	0,17	0,01	-0,01	0,03
лист.2019	11	18,765	20,784	-2,02	2,02	0,11	-0,11	4,08
груд.2019	12	21,703	10,653	11,05	11,05	0,51	0,51	122,11
січ.2020	13	27,302	39,514	-12,21	12,21	0,45	-0,45	149,14
лют.2020	14	18,3	18,074	0,23	0,23	0,01	0,01	0,05
бер.2020	15	38,71	30,526	8,18	8,18	0,21	0,21	66,98
квіт.2020	16	35,4	25,317	10,08	10,08	0,28	0,28	101,67
трав.2020	17	32,152	48,891	-16,74	16,74	0,52	-0,52	280,20
чер.2020	18	35,473	24,722	10,75	10,75	0,30	0,30	115,58
лип.2020	19	43,05	55,435	-12,38	12,38	0,29	-0,29	153,38
сер.2020	20	37,92	36,489	1,43	1,43	0,04	0,04	2,05
вер.2020	21	37,411	42,161	-4,75	4,75	0,13	-0,13	22,57
Значення статистичної оцінки похибки					8,84	53%	-29%	125,13
Назва методу оцінки					MAD	MAPE	MPE	MSE
								11,19
								RMSE

Наближеність прогнозу №3 до фактичного споживання можливо побачити на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 - Порівняння історичного прогнозу до фактичного споживання №3 $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$

Таблиця 3.12 – Розрахунок прогнозу №4 щомісячного попиту підприємства групи «а» на електричну енергію на 2020 рік

місяць. рік	t	y _t , МВт*Г	L _t	T _t	S _t	y(t+p)
січ.2019	1	18,021			1	
лют.2019	2	21,41			1	
бер.2019	3	27,4			1	
квіт.2019	4	35,901	35,901	0	1	
трав.2019	5	36,443	36,416	0,78	1,00	35,901
чер.2019	6	12,097	13,352	-9,83	0,91	37,198
лип.2019	7	27,87	26,653	6,49	1,04	3,524
сер.2019	8	5,455	6,839	-8,34	0,81	33,139
вер.2019	9	24,533	23,215	7,81	1,05	-1,504

Продовження таблиці 3.12

місяць. рік	t	yt, МВТ*Г	Lt	Tt	St	y(t+p)
жов.2019	10	11,643	13,697	-3,70	0,85	28,257
лист.2019	11	18,765	17,585	2,22	1,07	10,427
груд.2019	12	21,703	26,516	4,61	0,82	15,996
січ.2020	13	27,302	26,165	0,29	1,04	32,801
лют.2020	14	18,300	21,702	-1,43	0,84	22,570
бер.2020	15	38,710	35,514	6,68	1,09	21,604
квіт.2020	16	35,400	43,225	4,07	0,82	34,512
трав.2020	17	32,152	31,622	-4,77	1,02	49,374
чер.2020	18	35,473	41,283	4,91	0,86	22,655
лип.2020	19	43,050	39,872	-0,16	1,08	50,292
сер.2020	20	37,920	45,975	3,34	0,82	32,519
вер.2020	21	37,411	37,373	-3,42	1,00	50,209

Результати розрахунку статистичних оцінок похибки прогнозу №4 для констант згладжування: : $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$ наведені в Табл.3.13.

Таблиця 3.13 – Розрахунок статистичних оцінок похибки прогнозу №4 для констант згладжування: : $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$

місяць. рік	t	yt, МВТ*Г	y(t+p)	et	et	et /yt	et/yt	et^2
трав.2019	5	36,443	35,901	0,54	0,54	0,01	0,01	0,29
чер.2019	6	12,097	37,198	-25,10	25,10	2,07	-2,07	630,04
лип.2019	7	27,87	3,524	24,35	24,35	0,87	0,87	592,74
сер.2019	8	5,455	33,139	-27,68	27,68	5,07	-5,07	766,40
вер.2019	9	24,533	-1,504	26,04	26,04	1,06	1,06	677,93

Продовження таблиці 3.13

місяць. рік	t	yt, МВт*г	y(t+p)	et	et	et \yt	et\yt	et^2
жов.2019	10	11,643	28,257	-16,61	16,61	1,43	-1,43	276,04
лист.2019	11	18,765	10,427	8,34	8,34	0,44	0,44	69,52
груд.2019	12	21,703	15,996	5,71	5,71	0,26	0,26	32,57
січ.2020	13	27,302	32,801	-5,50	5,50	0,20	-0,20	30,24
лют.2020	14	18,3	22,570	-4,27	4,27	0,23	-0,23	18,23
бер.2020	15	38,71	21,604	17,11	17,11	0,44	0,44	292,63
квіт.2020	16	35,4	34,512	0,89	0,89	0,03	0,03	0,79
трав.2020	17	32,152	49,374	-17,22	17,22	0,54	-0,54	296,60
чер.2020	18	35,473	22,655	12,82	12,82	0,36	0,36	164,29
лип.2020	19	43,05	50,292	-7,24	7,24	0,17	-0,17	52,44
сер.2020	20	37,92	32,519	5,40	5,40	0,14	0,14	29,17
вер.2020	21	37,411	50,209	-12,80	12,80	0,34	-0,34	163,79
Значення статистичної оцінки похибки					12,80	81%	-38%	240,81
Назва методу оцінки					MAD	MAPE	MPE	MSE
								15,52
								RMSE

Наближеність прогнозу №4 до фактичного споживання можливо побачити на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 - Порівняння історичного прогнозу до фактичного споживання №4 $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$

На підставі даних Табл. 3.11 та 3.13 було проведено аналіз точності побудованих прогнозів та визначення моделі, яка надає найкращу точність. Для проведення порівняльного аналізу значення статистичних оцінок похибки прогнозів №3-4 були зведені в Табл. 3.13.

Таблиця 3.14 – Значення статистичних оцінок похибки прогнозів №3-4

Показник	<i>MAD</i>	<i>MAPE</i>	<i>MPE</i>	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>
Прогноз №3 $\alpha = 0,4$; $\beta = 0,5$; $\gamma = 0,65$	8,84	53%	-29%	125,13	11,19
Прогноз №4 $\alpha = 0,95$; $\beta = 0,35$; $\gamma = 0,95$	12,80	81%	-38%	240,81	15,52

По фактичному споживанню споживача групи «а» можна побачити що в перші періоди дослідження є тенденція до нерівномірного щомісячного

споживання, але в останні періоди дослідження більш спостерігається рівномірне споживання. Тому за результатами можна побачити, що для даного споживача є доцільним використання низького значення $\alpha = 0,4$, що є наближеним до 0 та із-за відсутності ярко вираженої залежності від сезонності, значення константи $\gamma = 0,65$, що є наближеним до 1 але менше за значення константи $\gamma = 0,95$ у прогнозі №4, має відносно невисоке значення.

Для проведення порівняльного аналізу значення статистичних оцінок похибки прогнозів №1-4 були зведені в Табл. 3.15.

Таблиця 3.15 - Значення статистичних оцінок похибки прогнозів №1-4

Показник	<i>MAD</i>	<i>MAPE</i>	<i>MPE</i>	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>
Прогноз №1 $\alpha = 0,4; \beta = 0,5;$ $\gamma = 0,65$	2,96	37%	-21%	19,71	4,44
Прогноз №3 $\alpha = 0,4; \beta = 0,5;$ $\gamma = 0,65$	8,84	53%	-29%	125,13	11,19
Прогноз №2 $\alpha = 0,95; \beta = 0,35;$ $\gamma = 0,95$	2,26	28%	-9%	8,23	2,87
Прогноз №4 $\alpha = 0,95; \beta = 0,35;$ $\gamma = 0,95$	12,80	81%	-38%	240,81	15,52

За рахунок різної функціональної направленості діяльності споживачів спостерігається зворотна картина того, що по результатам розрахунків похибок для споживача групи «а», прогноз №3 (перший прогноз для споживача «а») є більш точним ніж прогноз №4. Середня абсолютна процентна похибка *MAPE* прогнозу №4 вказує майже на 100% відхилення

прогнозу від фактичних даних. Якщо порівняти значення *MAPE* прогнозу №3 із значеннями прогнозів №1-2 (Табл.3.15), то можна побачити ярко виражену неточність побудови даної моделі прогнозу для споживача групи «а». Окрім цього, значення *MSE* та *RMSE* прогнозів №3-4 є високими у порівнянні із значеннями прогнозів №1-2, що вказують на наявність великих похибок прогнозування.

В свою чергу дані розрахунків підтверджують потребу у індивідуальному підборі констант згладжування для кожного споживача електропостачальної компанії.

Висновки до розділу

Для побудови прогнозу була обрана мультиплікативна трьохпараметрична модель Холта-Уінтерса. Точність прогнозу якою досліджувалась за допомогою констант згладжування. Вплив змін констант згладжування α ; β , γ , в межах від 0 до 1 точність прогнозу визначався на підставі оцінки середніх похибок прогнозу. Для проведення оцінки похибки прогнозу застосовувались наступні п'ять методів: середнє абсолютне відхилення *MAD*, середня абсолютна процентна похибка *MAPE*, середня процентна похибка *MPE*, середньоквадратична похибка *MSE*, корінь квадратний зі середньоквадратичної похибки *RMSE*

На підставі проведеного дослідження було визначено, що точність прогнозу залежить від напряму функціональної діяльності компанії, яка впливає на структуру часового ряду при використанні однакових констант згладжування. Для кожного споживача є потрібність у підборі індивідуальних констант згладжування для отримання достовірного та точного прогнозу.

Для компанії функціональна діяльність якої пов'язана з виробництва труб та трубопроводів найкращі константами $\alpha = 0,95$; $\gamma = 0,95$, що відповідають умові $\alpha \rightarrow 1$ та $\gamma \rightarrow 1$, а саме *MAD*=2,26, *MAPE*=28%,

$MPE=-9\%$, $MSE=8,23$, $RMSE=2,87$. При порівнянні точності прогнозу для компанії яка займається оптовою торгівлею відходів та брухтом, дані константи дають високі значення похибок прогнозу $MAD=12,80$, $MAPE=81\%$, $MPE=-38\%$, $MSE=240,81$, $RMSE=15,52$.

За результатами проведеного дослідження була наведена оцінка доходу та втрачених електропостачальної компанією коштів для врегулювання небалансів було запропоновано алгоритм розрахунку, визначення доходу та втрачених коштів в наслідок неточності прогнозу попиту на електричну енергію. Новизна запропонованого алгоритму оцінювання полягає в тому що дозволяє визначити наслідки неточності прогнозування попиту на електричну енергію у грошовому еквіваленті у вигляді ціни на електричну енергію.

4 ІННОВАЦІЙНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ «FORECAST AS A SERVICE»

4.1 Аналіз позиції компанії-електропостачальника у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії України

На ринку електричної енергії відбувається жорстка боротьба між компаніями-постачальниками за частку ринка. Ця боротьба все ще супроводжується несправедливою конкуренцією. Слід також додати, що існуюча система купівлі-продажу електричної енергії не прозора.

В умовах сучасного конкурентного середовища на ринку електричної енергії відбувається боротьба між компаніями-електропостачальниками за частку ринку. Одним із шляхів підвищення конкурентоспроможності компанії-електропостачальника може бути впровадження програмного забезпечення з прогнозування попиту для кінцевих споживачів. Завдяки такому підходу компанія зменшує власні витрати на купівлю-продаж електричної енергії, що у свою чергу призводить до зменшення ціни для кінцевого споживача.

Для якісної оцінки стратегічної позиції компанії-електропостачальника у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії у контексті впровадження стартап проекту «Forecast as a service» з розробки такого програмного забезпечення був проведений аналіз п'яти сил Портера

За своїм змістом аналіз п'яти сил Портера включає оцінку прояви загроз продуктів-замінників та нових гравців, сили ринкової влади постачальників і споживачів, а також рівня конкурентної боротьби [28]. Зазвичай він проводиться у два етапи, перший з яких пов'язаний з ранжуванням п'яти сил Портера на підставі кількісних показників. Останні можуть бути визначені, наприклад, методом експертної оцінки. Другий етап – це аналіз силу впливу зазначених сил у конкретній конкурентній ситуації, а також визначення можливих компенсаційних заходів.

П'ять сил Портера визначають найліпші відповідності зовнішнього та внутрішнього стану компанії. Незалежно від об'єднаних сил, мета полягає у пошуку та розміщенні в галузі, де компанії краще захищена або, можливо, зазнає впливу від сили.

Враховуючі те, що конкурентним середовищем електропостачальної компанії є ринок електричної енергії України, а також те, що метою впровадження стартапу «Forecast As A Service» є прогнозування попиту на електричну енергію, до аналізу п'яти сил Портера були включені:

1.аналіз загрози появи товарів-замінників, що проводився у контексті появи товарів-субститутів електричної енергії;

2.аналіз загрози появи нових гравців, що характеризував появу потенційних конкурентів, до яких належать компанії-трейдери, які почали використовувати програмне забезпечення для прогнозування попиту споживачів, а також трейдери, які розширюють зовнішньо-економічну діяльність з купівлі-продажу електричної енергії;

3.аналіз ринкової влади постачальників, що оцінював рівень сили впливу існуючих конкурентів: компанії-електропостачальників, зокрема, постачальників за вільними цінами;

4.аналіз ринкової влади споживачів електричної енергії, включаючи побутових та непобутових споживачів (з урахуванням специфіки споживачів груп «а» та «б»), що розглядав можливість тиску споживачів на електропостачальника через вимоги до ціни, сервісу тощо;

5.аналіз рівня конкурентної боротьби оцінював силу конкурентного впливу компаній-виробників електричної енергії, включаючи тих, що здійснюють виробництво електричної енергії з альтернативних джерел енергії.

За результатами аналізу була проведена оцінка впливу сил Портера на стратегічну позицію компанії-електропостачальника у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії, яку наведено у вигляді діаграми на Рис. 4.1.



Рисунок 4.1 - Діаграма впливу сил Портера на електропостачальну компанію

Якщо ранжувати рівень впливу п'яти сил Портера від найменшого до найбільшого значення, то загроза появи товарів-замінників не має впливу на електропостачальну компанію, так як електроенергія є товаром, що немає замінника. Слабкий вплив має загроза появи нових гравців - «потенційних конкурентів», які тільки розробляють власне програмне забезпечення та займаються трейдерською діяльністю в Бурштинській зоні. Втім далі спостерігається посилення впливу рівня конкурентної боротьби на електропостачальну компанію внаслідок діяльності компаній-виробників електричної енергії. На сьогоднішній день великий рівень ринкової влади на формування роздрібного ринку електричної енергії мають споживачі, особливо тому, що крупні споживачі отримали можливість створювати власні енергопостачальні компанії. Якщо розглянути вибір електропостачальника з боку споживача, головними критеріями буде запропонована ціна та умови договору. Правилами роздрібного ринку електричної енергії є запропонований типовий договір між постачальником та кінцевим споживачем, який регламентується Законом України «Про

ринок електричної енергії». Тому як вже зазначалося, головною конкурентною перевагою енергопостачальної компанії є можливість запропонувати найнижчу ціну для споживача. Однак найзначніший вплив ринкової влади мають постачальники внаслідок їх великої кількості на ринку (категорія «Існуючі конкуренти» на Рис.4.1). За офіційними статистичними даними НКРЕКП [24] по споживанню електричної енергії та кількості постачальників з початку впровадження нової моделі ринку було створено понад 600 компаній постачальників. За рахунок великої кількості постачальників у споживачів є можливість самостійно обирати енергопостачальника.

Окрім аналізу п'яти сил Портер розглядав конкурентні стратегії для підвищення конкурентоспроможності підприємства та виділив три найбільш успішних при використанні, а саме:

- фокусування;
- лідирування у зниженні ціни (витрат)
- диференціація.

4.2 Основні характеристики програмного забезпечення для стартап проекту «Forecast As A Service»

Інноваційне рішення «Forecast As A Service» включає в собі використання стратегій лідирування у зниженні ціни (метою використання є зниження витрат на врегулювання небалансів) та диференціації.

Інноваційність даного проекту полягає в тому, що на ринку електричної енергії, по останнім дослідженням ринку, не існує програмного забезпечення прогнозування попиту на електричну енергію. Лише деякі електропостачальні компанії, як додаткові послуги, пропонують прогнозування попиту, але немає інформації щодо використання ПЗ для прогнозування.

Крім моделі прогнозування Холта-Уінтерса, пропонується використання інших моделей прогнозування для підбору більш точного прогнозу попиту.

Результати будуть надаватися у вигляді Excel таблиці по кожному споживачу. Також планується зв'язок з бухгалтерськими ПЗ, наприклад 1С, для зменшення витрат часу на дублювання даних обліку фактичного споживання. Крім надання інформації по кожному споживачу, пропонується автоматичне формування планового реєстру для ОСР та інформації щодо закупівлі електричної енергії на РДН.

Основні витрати проекту є консалтингові послуги у IT-сфері та маркетингового дослідження, а саме просування товару. Додаткове орендування офісного приміщення для робочої групи, закупівля комп'ютерної техніки для підтримки сервера ПЗ. Основним джерелом інвестування ПЗ є власні кошти компанії, отримання кредиту у банку чи грошові кошти інвесторів.

ПЗ розробляється для українського ринку електричної енергії та європейських країн, які перейшли чи вже давно використовують схожу модель роздрібного ринку. За рахунок реалізації товару не лише на території України, підприємство має можливість отримання додаткових інвестицій від іноземних інвесторів та вихід на ринок експорту. В майбутньому розглядається можливість під'єднання систем комерційного обліку, таких як АСКОВЕ чи ЛУЗОД для врахування технічних факторів при побудові прогнозу.

Актуальність інноваційного рішення полягає в тому, що до директив ЄС та вимог третього енергетичного пакету, кожен споживач рекомендовано мати прилади для погодинного комерційного обліку споживання електричної енергії для розвантаження пікових годин та ефективного енергозбереження. Але на сьогодні лише крупні споживачі, та ті які мають можливості розвантаження пікових годин, використовують прилади для погодинного комерційного обліку і відносяться до групи «а».

Крім цього, не дивлячись на наявність приладу для обліку, підприємство яке бачить що тариф групи «а» є вищим за тариф групи «б», може домовитись із ОСР про те, щоб його споживання закривали по групі «б», тому дані споживачі в якості електропостачальника обирають підрозділи ОСР по постачанню електричної енергії. Ще однією причиною є недоступність споживачів групи «а» до інформації щодо їх погодинного графіку споживання. Тому більшість споживачів не встановлюють прилади комерційного обліку та відносяться до групи «б», по яким немає їх графіку споживання, а лише сумарній обсяг за певний період (день, тиждень чи місяць). Іноземні програмні забезпечення прогнозування використовують дані погодинного споживання та технічні фактори впливу, за рахунок переважання споживачів які використовують прилади обліку. Також, споживачі групи «б» більш опираються на минуло річні дані споживання, які на період постачання втрачають свою актуальність, приклад наведено в 3 розділі дисертації.

Тому ПЗ «Forecast As A Service» є більш доцільним для споживачів групи «б», які оцінюють споживання лише на сумарних обсягів та не мають можливості самостійно спрогнозувати свій попит. Окрім цього ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ» приймає участь у реалізації проекту компанії «Смартіко», щодо виробництва унікального пристрою обліку електричної енергії, газу та водопостачання для побутових та непобутових споживачів. В майбутньому дані проекти є можливість об'єднати та створити єдину систему обліку та прогнозування не тільки електричної енергії та водопостачання, газу.

У розділі 4.1 використовували аналіз Портера для визначення позицій електропостачальника на роздрібному ринку електричної енергії. На цих даних та основних характеристик ПЗ використовуючи аналіз Портера, визначимо вплив конкурентних сил на реалізацію стартап проекту, яку наведено у вигляді діаграми на Рис. 4.2.

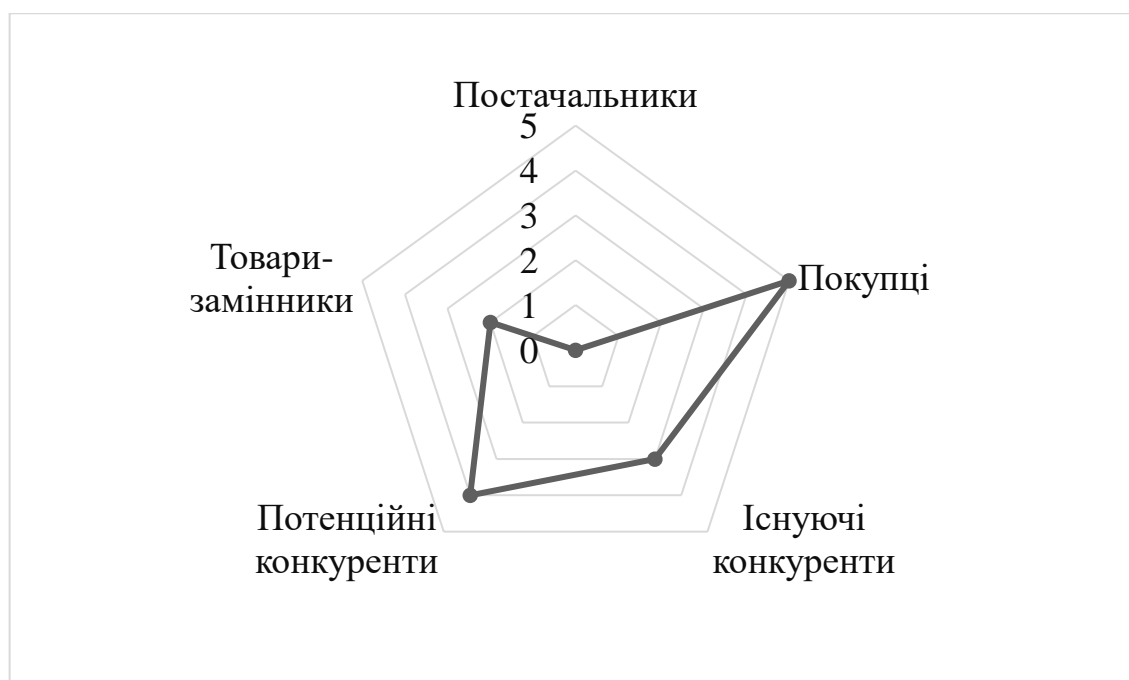


Рисунок 4.2 - Діаграма впливу сил Портера на стартап проект
«Forecast As A Service»

За ранжуванням сил Портера можна побачити, що ніякого впливу не мають постачальники за рахунок того, що підприємство самостійно розробляє програмне забезпечення. Слабкий вплив мають товари-замінники, тому що проект має інноваційний характер і на сьогодні не має аналогів, але є ризик появи товарів-замінників. Вплив існуючих конкурентів полягає у впровадженні послуг прогнозування або розробки власного ПЗ. Як зазначалося раніше, є деякі електропостачальні компанії які пропонують своїм послуги прогнозування попиту, але немає інформації щодо використання при цьому ПЗ у побудові прогнозу. Та найвпливовішими є покупці, за рахунок того, що проект спрямовано на задоволення потреб покупців, вони мають великий вплив на впровадження проекту. Покупцями даного ПЗ виступають електропостачальні компанії, які можуть не сприйняти доцільність використання прогнозування у своїй діяльності чи розробити власне ПЗ.

Проведемо технологічний аналіз виготовлення програмного забезпечення, наведено в Табл.4.1.

Таблиця 4.1 - Технологічний аналіз стартап проекту

Мета проекту	Наявність технологій	Технології реалізації	Доступність технологій
Індивідуальний підбір, побудова моделі прогнозування по кожному споживачі, для зменшення витрат на врегулювання небалансів	Використання консалтингових послуг у ІТ-сфері, а саме кваліфікованих програмістів	Використання програмного коду, алгоритм підбору моделі прогнозування та констант згладжування	Є труднощі у доступності технології

Як вже зазначалося, проект має інноваційний характер, що свою чергу призводить до труднощі щодо доступності технологій, але за аналог можна взяти ПЗ по обліку споживання електричної енергії та є шаблони подання інформації та даних. Для реалізації проекту потрібно розробити програмний код, скласти алгоритм підбору моделі прогнозування та константи згладжування по фактичним даним споживання споживача. Та підбор збутової стратегії для просування ПЗ на ринку.

При урахуванні всієї інформації щодо впровадження та реалізації стартап проекту «Forecast As A Service» виберемо стратегію збуту та сервісного обслуговування, наведено в Табл.4.2.

Таблиця 4.2 - Стратегія збуту та сервісного обслуговування програмного забезпечення

Організації збуту	Розподілу продукції	Організації сервісу
Стратегія прямого збуту	Стратегія селективного розподілу	Організація сервісу підприємством-виробником чи організація сервісу філіями підприємства-виробника

Для зменшення витрат на стратегію організації сервісу підприємство буде самостійно надавати сервіс, або при збільшенні обсягів реалізації чи при розширенні компанії буде створена окрема філія по сервісу ПЗ. Стратегія селективного розподілу передбачає укладення угод з обмеженою кількістю посередників щодо їх виключного права продавати продукцію в певному регіоні. Застосовуючи цю стратегію, виробник отримує можливість розширити свою присутність на ринку завдяки посиленому контролю та зниженню витрат порівняно.

Стратегія прямих збуту передбачає, що виробник відмовляється від незалежних посередницьких послуг, створює власну торгову мережу і бере на себе всі функції розподілу, просування та продажу для кінцевих споживачів.

Стратегія прямих збуту відповідно до наступного:

- компанія має можливість і фінансову організацію продавати свою продукцію (власну мережу зберігання, транспорт, відділ обслуговування тощо);
- кількість проданої продукції досить велика, щоб компенсувати витрати регуляторів роздрібної мережі;
- кількість споживачів не має значення, і вони розташовані на відносно невеликій території;
- продукція компанії вимагає спеціальних послуг;
- ціни на продукцію на ринку часто змінюються, що змушує виробників швидко змінювати свою цінову політику без дозволу посередника;
- ціни реалізації значно перевищують виробничі витрати, що компенсує величезні інвестиції у створення власної торгової мережі;

Стратегія прямого збуту має значні переваги, головною з яких є здатність виробника контролювати процес збуту та швидко реагувати на мінливі потреби ринку. Але така стратегія неефективна, якщо товар має велику кількість споживачів і є незбалансовані витрати порівняно із

продажами та прибутками для обслуговування лише збутової мережі [25, 31].

4.3 Оцінка інвестицій у інноваційне рішення по створенню програмного забезпечення для стартап проекту «Forecast As A Service»

Проведення оцінки обсягу інвестицій було пов'язана з тим, що компанія, яка спеціалізується на постачанні електричної енергії, зазвичай не має власного IT-відділу з розробки програмного забезпечення (ПЗ).

Обсяг необхідних інвестицій для стартап проекту «Forecast As A Service» було розраховано за наступним алгоритмом:

За наведеним алгоритмом у другому розділі розрахуємо дохідність проекту:

1. Використовуючи метод експертних оцінок визначимо обсяг реалізації ПЗ та орієнтовану ціну;
2. Використовуючи дані обсягу реалізації та ціну, визначаємо дохідність по рокам за формулою 2.18:

$$D_{1 \text{ рік}} = 200 * 15\,000 = 3\,000\,000,00 \text{ грн}$$

3. Визначаємо повну собівартість проекту на підставі відкритої типової інформації, а саме витрат на оплату праці (в тому числі ЄСВ), постійні витрати (оренда офісного приміщення, або коворкінг, адміністративні витрати), змінні витрати (витрати пов'язані з продажами ПЗ та тощо) та інших витрат (закупівля обладнання та підтримки);

4. Розраховуємо операцій та чистий прибуток\збиток за формулою 2.19-2.20

$$П/З_{\text{опер}_{1 \text{ рік}}} = 3\,000\,000,00 - 3\,908\,800,00 = -908\,800,00 \text{ грн}$$

$$ЧП/З_{1 \text{ рік}} = -908\,800,00 * 0,82 = 745\,216,00 \text{ грн}$$

5. Визначимо ЕСВ за витратами на оплату праці:

$$ЕСВ_{1 \text{ рік}} = 2\,040\,000,00 * 22\%^* = 448\,800$$

*офіційна ставка по ЕСВ 22% з 01.09.2020 [30]

Результати розрахунків по іншим годам представлені в Табл. 4.3
Показники доходності стартап проекту «Forecast As A Service».

Таблиця 4.3 - Показники доходності стартап проекту «Forecast As A Service»

Показник (грн.)	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік
1.Обсяг реалізації (Q), од вим	200	250	300	350	500
2.Ціна (P), грн.	15 000	15 000	15 000	15 000	15 000
3.Дохід	3 000 000	3 750 000	4 500 000	5 250 000	7 500 000
4.Повна собівартість	3 908 800	3 938 800	3 963 800	3 988 800	4 038 800
5.Витрати на оплату праці	2 040 000	2 040 000	2 040 000	2 040 000	2 040 000
6.ЕСВ	448 800	448 800	448 800	448 800	448 800
7.Витрати (пост)	600 000	600 000	600 000	600 000	600 000
8.Витрати(зм)	120 000	150 000	175 000	200 000	250 000
9. Інші витрати	700 000	700 000	700 000	700 000	700 000
10.Амортизаційні відрахування (за наявності)	54 000	54 000,00	54 000,00	54 000	54 000,00

Продовження таблиці 4.3

Показник (грн.)	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік
11.Операційний прибуток\збиток	-908 800	-188 800	536 200	1 261 200	3 461 200
12.Чистий прибуток\збиток	-745 216	-154 816	439 684	1 034 184	2 838 184

За результатами розрахунків представлені в табл. 4.3 бачимо, що перші 3 роки для підприємства проект буде збитковим, тому для реалізації проекту, біло прийнято рішення щодо отримання інвестицій для реалізації проекту, у розмірі 1 085 000,00 грн.

Використовуючи алгоритм визначення грошового потоку за періодами і формули 2.14-2.17 визначимо для кожного періоду дисконтний множник та розрахуємо головні показники оцінки доцільності використання інвестицій за для реалізації проекту. Результаті розрахунків грошового потоку за періодами наведено в Табл. 4.4.

Таблиця 4.4 - Оцінка доцільності стартап проекту «Forecast As A Service»

Показники	0 період	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік
1. Чистий прибуток, грн.	0	-745 216	-154 816	439 684	1 034 184	2 838 184
2.Амортизаційні відрахування, грн.	0	54 000	54 000	54 000	54 000,00	54 000
3.Грошові потоки, грн.	0	-691 216	-100 816	493 684	1 088 184	2 892 184
4.Інвестиції (позикові кошти), грн.	1 085 000					

Продовження таблиці 4.4

Показники	0 період	1 рік	2 рік	3 рік	4 рік	5 рік
5.Дисконтний множник 18%	1	0,85	0,72	0,61	0,52	0,44
6.Дисконтовані інвестиції, грн.	1 085 000					
7.Дисконтовані грошові потоки, грн.	0	-585 459	-72 385	300 653	561 503	1 263 884

За результатами розрахунків можна побачити, що на реалізацію даного проекту компанія достатньо буде інвестиції на суму 1 085 000,00 грн. Дані кошти будуть витрачені, зокрема, на консалтинг, залучення ІТ-спеціалістів, розробку програми, її апробацію, маркетинг програми, забезпечення технічної підтримки, матеріали, офісне приміщення (або коворкінг) для робочої групи, комп'ютерну техніку. Перші 2 роки реалізації проекту є збитковими, а прибуток від продажу програмного забезпечення (0,35 грн прибутку на 1 грн інвестицій) компанія отримує на 3 рік. Чистий приведений дохід проекту становитиме 383 195,07 грн.

4.4 PEST-аналіз стану макросередовища компанії при впровадженні стартап-проекту «Forecast As A Service»

Цей аналіз був застосований для аналізу стану зовнішнього середовища компанії та оцінки існуючих ринкових тенденцій шляхом щодо впровадження стартап-проекту. PEST-аналіз проводиться в декілька етапів.

Перший етап полягав у виявленні потенційно-можливих політичних, економічних, соціальних технологічних факторів. Результати за цим етапом наведено у Табл.4.5.

Таблиця 4.5 - PEST - аналіз стану макросередовища компанії при впровадженні стартап-проекту «Forecast As A Service»

ПОЛІТИЧНІ ФАКТОРИ	ЕКОНОМІЧНІ ФАКТОРИ
<p>Фактор 1. Зміни у законодавстві.</p> <p>Фактор 2. Нестабільна ринкова ситуація (зміна правил).</p>	<p>Фактор 1. Зміна тарифу.</p> <p>Фактор 2. Зниження доходів споживачів.</p> <p>Фактор 3. Збільшення попиту на електроенергію.</p>
СОЦІАЛЬНІ ФАКТОРИ	ТЕХНОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ
<p>Фактор 1. Покращення іміджу компанії.</p> <p>Фактор 2. Інноваційність компанії.</p> <p>Фактор 3. Несприйняття проекту споживачем.</p>	<p>Фактор 1. Відсутність на ринку схожого програмного забезпечення.</p> <p>Фактор 2. Використання подібного програмного забезпечення іншими електропостачальниками.</p> <p>Фактор 3. Кооперування з учасниками ринку для трансферу програмного забезпечення.</p>

Другий етап PEST – аналізу полягав у проведенні експертної оцінки ступеня впливу зазначених факторів на проект для визначення середньозваженого значення по кожному фактору. В якості експертів виступали співробітники електропостачальної компанії.

В Табл.4.6 наведено результати оцінки ступеня впливу потенційно-можливих політичних, економічних, соціальних та технологічних факторів, яку було визначено за методом експертних оцінок.

Таблиця 4.6 - Експертна оцінка ступеня впливу факторів на стартап-проект «Forecast As A Service»

Фактор	Вага впливу фактору	Експертна оцінка			Середня оцінка	Середньо-зважене значення оцінки
		1 експерт	2 експерт	3 експерт		
Політичні фактори						
Фактор 1	0,2	4	5	4	4,3	0,86
Фактор 2	0,15	5	3	4	4	0,6
Економічні фактори						
Фактор 1	0,03	3	4	3	3,3	0,1
Фактор 2	0,07	5	3	4	4	0,28
Фактор 3	0,01	4	4	2	3,3	0,03
Соціальні фактори						
Фактор 1	0,1	5	2	3	3,3	0,33
Соціальні фактори						
Фактор 2	0,08	4	3	2	3	0,3
Фактор 3	0,06	4	3	4	3,7	0,37
Технологічні фактори						
Фактор 1	0,1	5	2	3	3,3	0,33
Фактор 2	0,15	4	3	4	3,7	0,37
Фактор 3	0,05	3	2	4	3	0,3
Загальний підсумок	1					3,87

На думку експертів-співробітників електропостачальної компанії найбільший вплив на проект мають політичні фактори, а саме зміни у законодавстві та нестабільна ринкова ситуація (зміна правил). Для зменшення збитків від політичних факторів впливу компанія повинна розробити певні заходи щодо зменшення їх впливу на реалізацію проекту.

Загальний бал середньозваженої оцінки становить 3,87 балів, що свідчить про те що реакція компанії на стратегічні фактори зовнішнього середовища перебуває на середньому рівні та на думку експертів не несуть загрози в реалізації стартап проекту.

Висновки до розділу

Аналіз стратегічної позиції компанії-електропостачальника у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії України за допомогою п'яти конкурентних сил Портера показав, що найвпливовішими є споживачі, які отримали право самостійно обирати електропостачальника, або створювати власні компанії чи підрозділи по постачанню електричної енергії.

За результатами оцінки інвестицій у інноваційне рішення зі створення стартап проекту «Forecast As A Service» було виявлено доцільність даного проекту в умовах конкурентної купівлі-продажу електричної енергії енергопостачальною компанією на ринку електричної енергії. В результаті вкладення інвестицій в даний проект, компанія окрім того що скоротить власні витрати за рахунок продажу програмного забезпечення та буде отримувати додатковий дохід.

За результатами PEST- аналізу стартап-проекту «Forecast As A Service» визначено, що найвпливовішим є політичний фактор, за рахунок нестабільної ринкової ситуації та внесення змін у законодавстві. Але не дивлячись на це, реакція компанії на стратегічні фактори зовнішнього середовища перебуває на середньому рівні.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання дослідження за темою магістерської дисертації можна зробити наступні висновки.

1. Обґрунтовано доцільність застосування математичних інструментів, які покращають точність прогнозування електропостачальної компанії, для зменшення ризику недоотримання прибутку та підвищення конкурентоспроможності внаслідок зменшення ціни для кінцевого споживача на підставі положень нормативно-правової бази України щодо умов участі на ринку електричної енергії виробників, електропостачальників, трейдерів, ОСП, ОСР, ОР, ГП та споживачів, які співпрацюють на сегментах ринку, що тісно пов'язані та доповнюють один одного, включаючи ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобовий ринок та балансуючий ринок.

2. За методологією системного та історичного підходу визначено структурні та функціональні взаємозв'язки, що виникають під час проведення купівлі-продажу електропостачальною компанією електричної енергії на ринку "на добу наперед" та балансуючому ринку.

3. Вперше запропоновано та розроблено метод оцінки доходу та втрачених електропостачальною компанією коштів внаслідок виникнення небалансів, що дозволяє визначити наслідки неточності прогнозування попиту на електричну енергію у грошовому еквіваленті у вигляді ціни на електричну енергію.

4. Практична значущість застосування запропонованого методу була підтверджена результатами практичної діяльності компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ» у вигляді зниження втрат на врегулювання небалансів.

5. Визначено, що для прогнозування попиту на електричну енергію в умовах участі електропостачальної компанії на ринку "на добу наперед" та балансуючому ринку найбільш доцільно використовувати мультиплікативну трьохпараметричну модель Холта-Уінтерса.

6. Проведено моделювання впливу значень констант згладжування α ; β , γ в межах від 0 до 1 на величину статистичних середніх похибок прогнозу *MAD*, *MAPE*, *MPE*, *MSE*, *RMSE* для компаній-споживачів різної функціональної спрямованості на прикладі компаній, діяльність яких в одному випадку пов'язана з виробництвом труб і трубопроводів, а в іншому - з оптовою торгівлею відходів та брухтом.

7. На підставі порівняльного аналізу результатів моделювання доведено, що вплив значень констант згладжування на точність прогнозу більшою мірою проявляє себе у зв'язку з напрямом функціональної діяльності компанії-споживача у порівнянні із бізнес-активністю компанії, які відбиваються у змінах даних впродовж часового ряду.

8. Вперше запропоновано алгоритм інтегрованого підходу щодо застосування сил Портера та PEST-аналізу для визначення стратегічної позиції компанії-електропостачальника, яка пропонує інноваційне рішення з надання послуги прогнозування попиту на електричну енергію в умовах конкурентної купівлі-продажу електричної енергії у лібералізованому середовищі ринку електричної енергії України, та оцінки потенційно-можливих факторів впливу.

9. Розроблено стартап проект «Forecast As A Service» з розробки компанією-електропостачальником програмного забезпечення для прогнозування попиту на електричну енергію, що дозволяє визначати конкурентно-привабливу ціну на електричну енергію для кінцевих споживачів завдяки підвищенню точності прогнозу.

10. Обґрунтовано доцільність впровадження стартап проекту «Forecast As A Service» із застосуванням кількісних методів оцінки інвестиційного проекту на прикладі компанії ТОВ «І ДЖІ ЕФ ТРЕЙДІНГ», яка є учасником ринку електричної енергії та відноситься до постачальника за вільними цінами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 р. № 2019-VIII - Набрання чинності від 11.06.2017: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
2. Про електроенергетику: Закон України від 16.10.1997 р. №575/97-ВР - Закон втратив чинність на підставі Закону № 2019-VIII від 13.04.2017, ВВР, 2017, № 27-28, ст.312: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр#Text>
3. Про засади функціонування ринку електричної енергії України: Закон України від 24.10.2013 р. №663-VII - Закон втратив чинність на підставі Закону № 2019-VIII від 13.04.2017, ВВР, 2017, № 27-28, ст.312: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/663-18#Text>
4. Динаміка цін на роздрібному ринку електричної енергії в умовах функціонування нової моделі ринку електроенергії України / Г. Г. Стрелкова, М. Т. Стрелков, В. В. Людмирська // Енергетика. Екологія. Людина : збірник наукових праць XII науково-технічної конференції Інституту енергозбереження та енергоменеджменту, 7-8 травня 2020 р., м. Київ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 110-115. : [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36856>
5. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з постачання електричної енергії споживачу: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 27.12.2017 №1469 - Набрання чинності від 19.04.2018 : [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1469874-17>
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про утворення державних підприємств “Гарантований покупець” та “Оператор ринку”» від 17 квітня 2019 р. № 324 - Набрання чинності від 20.04.2019 : [Електрон.

ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/324-2019-%D0%BF>

7. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг «Про затвердження Тимчасового порядку визначення обсягів купівлі електричної енергії на ринку електричної енергії електропостачальниками та операторами систем розподілу на перехідний період» від 28.12.2018 №2118 : [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v2118874-18#Text>

8. Про затвердження Правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14 березня 2018 року №308. Верховна Рада України: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0308874-18#Text>

9. Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14.03.2018 № 312. Верховна Рада України: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0308874-18#Text>

10. Українська енергетична біржа: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://www.ueex.com.ua/>

11. Державне підприємство «Оператор ринку». Результати торгів РДН : [Електрон. ресурс]. - Режим доступу https://www.oree.com.ua/index.php/control/results_mo/DAM

12. НЕК «Укренерго». Балансуючий ринок та врегулювання небалансів: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу https://ua.energy/uchasnikam_rinku/rezultaty-balansuyuchogo-ryнку-2/#1590479495816-2c212666-d2fa

13. EUROPEAN COMMISSION. Energy. Electricity market liberalisation: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу https://ec.europa.eu/energy/content/electricity-market-liberalisation_en
14. Guido Pepermans, 2019. "European energy market liberalization: experiences and challenges," International Journal of Economic Policy Studies, Springer, vol. 13(1), pages 3-26, January.
15. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства. - Набрання чинності для України міжнародного договору від 01.02.2011: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_926
16. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. - Набрання чинності від 01.09.2017
17. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”» від 18 серпня 2017 р. № 605-р: [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>
18. Віхров О.П. Правові засади реформування ринку електричної енергії/ О.П. Віхров // Економіка та право. – 2016. - № 1 (43). – С.11-18
19. Беляев Л.С. Системный подход при управлении развитием электроэнергетики. / Л.С. Беляев, Г.В. Войцеховская, В.А. Савельев и др. – Новосибирск : Наука, 1980. – 240 с.
20. Менеджмент в электроэнергетике: Учебное пособие / А.Ф. Дьяков, В.В. Жуков и др. / Под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во МЭИ, 2000 – 448 с
21. Грабовецький Б.Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 171 с.

[Електрон. ресурс]. - Режим доступу
<http://hrabovecky.vk.vntu.edu.ua/file/a0a40b7bd74c5d39fe693b7b2c99f38f.pdf>

22. Системи енергетичного менеджменту: Прогнозування енергетичного попиту. Курсова робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Г. Г. Стрелкова, О. С. Іщенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 855 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 61 с. – Назва з екрана.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33652>

23. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

24. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Електрична енергія. Моніторинг ринку електроенергії : [Електрон. ресурс]. - Режим доступу
<http://www.nerc.gov.ua/?id=39296>

25. Верба, В.А. Проектний аналіз: слайд курс [Текст] : навч. посібник / В.А. Верба, О.М. Гребешкова. - К. : КНЕУ, 2006. - 236 с.

26. Краснокутська Н. В. Інноваційний менеджмент: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 504 с.

27. Інноваційний розвиток підприємства [текст]: навч. посіб./ Пугач А.М., Демчук Н.І., Довгаль О.В., Крючко Л.С., Тягло Н.В.– ФОП Швець В.М., 2018. - 348с.

28. Наливайко А. П. Стратегія підприємства: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2016 — 141 с.

29. Податковий кодекс України [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>

30. Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування: Закон України [Електрон. ресурс]. - Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2464-17#Text>

31. Павленко А.Ф. Маркетинг: Навч. посібник — К.: КНЕУ, 2004 — 558 с.